NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. Henri DOUVILLÉ

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES
PROFESSEUR DE PALÉONTOLOGIE A L'ÉCOLE DES MINES





LILLE
LE BIGOT FRÈRES, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
68, Rue Nationale et Rue Nicolas-Leblanc, 25

1903

TITRES ET NOMINATIONS

1863. Élève à l'École polytechnique.
1865. Sorti avec le numéro 1 dans le corps des Mines.
1867. Attaché au service de la carte géologique détaillée de la France.
1872. Ingénieur des Mines à Bourges.
1874. Ingénieur des Mines à Limoges.
1875. Attaché aux collections de Paléontologie de l'École des Mines.
1880. Vice-président de la Société géologique de France.
1881. Professeur de Paléontologie à l'École dès Mines.
1881. Président de la Société géologique de France.
1898. Lauréat du prix Fontannes (Paléontologie).
1900. Membre de la commission spéciale de la Carte géologique de France.

ORGANISATION DES COLLECTIONS DE PALÉONTOLOGIE DE L'ÉCOLE DES MINES

J'ai d'abord aidé Bayle dans le classement de ces collections qu'il a laissé inachevé. J'ai dû ensuite les remanier à peu près complètement de manière à pouvoir exposer *toutes les espèces* existant dans la collection.

Cette collection est probablement la plus importante qui existe en mollusques fossiles et animaux inférieurs ; elle occupe une superficie de près de 1000 mètres carrés et la surface totale d'exposition atteint environ 650 mètres carrés.

La richesse de ses séries a permis d'adopter un classement zoologique par familles et genres ; dans chacun de ces groupes les espèces sont disposées

dans leur ordre d'apparition, depuis les plus anciennes, jusqu'aux plus récentes, et les formes actuelles y trouvent leur place naturelle en tête ou plus exactement à la fin de chaque série.

Cette classification permet de se rendre compte d'un seul coup d'œil de l'histoire de chaque groupe et d'apprécier les variations qu'il a éprouvées dans la suite des temps géologiques ; il permet en outre une détermination précise des fossiles en montrant immédiatement quelle est leur position dans l'échelle chronologique constituée par les formes du même groupe.

L'entretien d'une collection de cette importance, les remaniements continuels nécessités par les progrès de la science, et l'aide donnée à toute personne venant travailler dans les collections absorbent chaque année un temps considérable ; d'autant plus que le personnel attaché à ces collections se réduit à un seul préparateur et à un gardien.

COURS PROFESSÉ A L'ÉCOLE DES MINES

Le cours de paléontologie que je professe depuis plus de vingt années comprend 32 leçons ; il a toujours été combiné de manière à donner chaque année aux élèves un résumé complet de l'ensemble de toutes nos connaissances sur les animaux fossiles. Commençant par les formes les plus inférieures et étudiant successivement les animaux de plus en plus élevés en organisation, j'ai cherché à donner une idée du développement progressif de la vie à la surface du globe terrestre, c'est-à-dire à reconstituer l'histoire de la création. J'insiste particulièrement sur les enchaînements des espèces dans les groupes où ils ont pu être établis avec un certain degré de probabilité.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES PUBLICATIONS

CARTES GÉOLOGIQUES

Feuilles de l'État-major à l'échelle de $\frac{1}{80\,000}$

1. Feuille de Boulogne.
2. — Orléans.
3. — Gien.
4. — Bourges.
5. — Nancy.
6. — Blois.
7. — Boulogne, 2e édition, en collaboration avec M. Rigaux.

NOTES ET MÉMOIRES

1871

8. Sur l'âge du calcaire de Château Landon, *Bull. Soc. Géol.*, 2e série, t. XXVIII, pp. 52-54.

1872

9. Sur les terrains de sables granitiques et d'argiles à silex (en collaboration avec M. Potier), *Comptes-rendus Acad. sc.*, 6 mai 1872.
10. Sur les terrains houillers des bords du Rhin, *Comptes-rendus Ac. sc.*, 20 mai 1872.

11. Note sur la faille de Vernon, *Bull. Soc. Géol.*, 2e série, t. XXIX, pp. 472-478, pl. III.

1873

12. Procès-verbaux de la réunion extraordinaire à Roanne, du 31 août au 6 septembre 1873, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. I, p. 441.
13. Observation sur la classification des terrains de transition du Roannais, *Ibid.*, pp. 450-453.
14. Observation sur les couches de passage du lias inférieur au lias moyen dans le Cher, *Ibid.*, p. 479.

1874

15. Sur les granulites et porphyres quartzifères d'Avallon (en collaboration avec M. Michel Lévy), *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. II, pp. 189-195.
16. Sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Berry (en collaboration avec M. Jourdy), *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. III, pp. 93-112.
17. Observations sur quelques-uns des fossiles cités dans la note précédente, *Ibid.*, p. 112-133.
18. Observation à propos de la craie du Blanc-Nez, *Ibid.*, p. 580.

1875

19. Note sur la constitution du terrain tertiaire dans une partie du Gâtinais et de l'Orléanais, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. IV, pp. 92-104, pl. II.
20. Sur le système du Sancerrois et le terrain sidérolithique du Berry, *Ibid.*, pp. 104-110.
21. Observation sur la gaize dans le Cher, *Ibid.*, p. 259.

1876

22. Les études lithologiques en France. *Revue scientifique.*
23. Note sur le Kersanton (en collaboration avec M. Michel Lévy), *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. V, pp. 51-57.
24. Sur l'âge géologique du Kersanton de la Rade de Brest (en collaboration avec M. Michel Lévy), *Ibid.*, pp. 348-350.

1878

25. Sur le Bathonien des environs de Toul et de Neufchâteau, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. VI, pp. 568-577.
26. Compte-rendu d'une excursion à Vernon, *Ibid.*, p. 694.
27. Résumé de l'état de la question des Sables dits éruptifs, *Ibid.*, pp. 706-710.
28. Sur les relations des Sables de l'Orléanais, des Sables de la Sologne et des Faluns de la Touraine, *Assoc. fr.*, Congrès de Paris.
29. Le Bassin de Vienne, *Revue scientifique.*

1879

30. Sur les assises supérieures du terrain tertiaire du Blaisois. *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. VII, pp. 52-58.
31. Sur la structure du test des animaux rayonnés (Echinodermes), *Ibid.*, p. 59.
32. Présentation de l'Atlas du IVe volume de l'explication de la carte géologique détaillée de la France par M. Bayle, et énumération des genres nouveaux contenus dans cet ouvrage (avec l'indication des espèces types de ces genres), *Ibid.*, p. 91.
33. Sur quelques genres de Brachiopodes (Terebratulidæ et Waldheimiidæ), *Ibid.*, p. 251-277, 19 figures dans le texte.

1880

34. Sur la forme de l'ouverture de l'Ammonites pseudo-anceps, 8 pages, 2 fig., *Journ. de Conchyliologie*, Octobre 1880.
35. Sur l'Ammonites pseudo-anceps et la forme de son ouverture, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. VIII, pp. 239-246, 7 figures dans le texte.
36. Sur le Miocène du Blaisois, *Ibid.*, p. 247.
37. Sur le parallélisme du terrain jurassique du Boulonnais, et des contrées voisines, *Ibid.*, p. 584.
38. Compte-rendu de l'excursion à Châtillon, *Ibid.*, p. 647.

39. Rapport de la commission du congrès international de géologie, chargée d'étudier la question des règles à suivre pour établir la nomenclature des espèces, *Congrès de Bologne*, 28 p.

1881

40. Sur le Jurassique moyen du bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. IX, pp. 439-474.
41. Observation sur la limite entre le Pliocène et le Quaternaire, *Ibid.*, p. 285.
42. Sur la position du calcaire de Montabuzard, *Ibid.*, pp. 392-396.

1882

43. Observation sur le granite de Limoges, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. X, p. 147.
44. Observation à propos d'une note de MM. Charpy et de Tribolet sur le calcaire de Cuiseaux, *Ibid.*, pp. 150 et 152.
45. Gisement quaternaire de Montreuil, *Ibid.*, pp. 295-296.

1883

46. Sur les fossiles recueillis dans les calcaires à chaux hydraulique de la Farge, près le Theil, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XI, p. 315.

1884

47. Sur une faune d'Ammonites découverte par M. Zurcher dans la zone à Amm. Sowerbyi du S.-O. du département du Var, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XII, p. 685.

1885

48. Sur quelques fossiles de la zone à Amm. Sowerbyi des environs de Toulon, *Ibid.*, t. XIII, pp. 12-44, pl. I, II, III, 17 figures dans le texte.

49. La partie moyenne du terrain jurassique entre Poitiers et Le Blanc (en collaboration avec M. Rolland), *Ibid.*, pp. 324-334.
50. Sur la limite de l'Oxfordien et du Corallien dans le centre de la France, *Ibid.*, pp. 334-337.
51. Sur des débris de Sauriens de grande taille recueillis dans l'Oxfordien de Villers, *Ibid.*, p. 441.

1886

52. Examen des fossiles rapportés du royaume du Choa, par M. Aubry, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XIV, pp. 223-241, pl. XII.
53. I. Essai sur la Morphologie des Rudistes, *Ibid.*, pp. 389-404, 19 figures dans le texte.
54. Sur des fossiles rapportés du Tonkin par M. Jourdy (Spirifer mosquensis et Myophoria cf. Goldfussi), *Ibid.*, p. 453.
55. Étude sur les grès de la Forêt de Fontainebleau, *Ibid.*, pp. 471-481, figure dans le texte.
56. Présentation d'une plaque de marbre rapportée de Chine par l'amiral Regnault de Premesnil et couverte de Trilobites (parmi lesquels de nombreux Agnostus), *Ibid.*, p. 482.
57. Sur quelques Brachiopodes du terrain jurassique, *Bull. de la Soc. des Sc. historiques et naturelles de l'Yonne* (2e sem. 1885), pp. 43-102, pl. I à IV, 6 figures dans le texte.

1887

58. Sur l'application des règles de la Nomenclature aux espèces de Defrance, reprises par Deslongchamps, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XV, p. 81.
59. Observation sur le genre Apricardia, *Ibid.*, p. 193.
59bis Sur le genre Polyconites, *Ibid.*, p. 358.
60. Notice nécrologique sur F. Fontane, *Ibid.*, pp. 470-489 (Discussion de l'âge des Couches à Congéries).
61. II. Sur quelques formes peu connues de la famille des Chamidés, *Ibid.*, pp. 756-801, pl. XXVIII, à XXXI, 19 figures dans le texte.

1888

62. III. Étude sur les Caprines, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XVI, pp. 699-730, pl. XXII-XXV, 9 figures dans le texte.
63. Compte-rendu des travaux de l'année relatifs aux Lamellibranches, *Annuaire Géologique Universel*, t. IV, pp. 786-794.

1889

64. Sur une faune coralligène supérieure à l'Urgonien, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XVII, p. 233.
65. Révision des Hippurites ; premiers résultats obtenus, *Ibid.*, p. 330.
66. Sur l'*Hippurites striata* et *H. sulcata*, *Ibid.*, p. 469.
67. IV. Sur quelques Rudistes du terrain crétacé inférieur des Pyrénées, *Ibid.*, pp. 627-663, pl. XV et XVI, 18 figures dans le texte.
68. Fossiles jurassiques de Tunisie recueillis par M. Aubert, *Ibid.*, p. 655.
69. Sur l'examen microscopique en coupes minces des phosphates jurassiques des environs d'Argenton et sur la présence du quartz cristallisé dans le sidérolithique de la même région, *Ibid.*, pp. 655, 656.
70. Compte-rendu des travaux de l'année relatifs aux Lamellibranches, *Ann. Géol. Univ.*, t. V, pp. 1111-1133.

1890

71. Classification des Ceratites de la Craie, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XVIII, pp. 275-292, 18 figures dans le texte.
72. Sur des Ammonites crétacées du Mexique, *Ibid.*, p. 299.
73. Notes autographiées pour une partie du cours de Paléontologie professé à l'École des Mines et renfermant en particulier une classification détaillée des Ammonites.
74. Études sur les Rudistes. Revision des principales espèces d'Hippurites, première partie, Hippurites à pores réticulés, *Mém. Soc. Géol. de France, Paléontologie.* Vol. I, pp. 1-31, pl. I à III, figures 1 à 19.

1891

75. Sur l'Hippurites gosaviensis et l'existence d'un ligament dans cette espèce, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XIX, p. XI.
76. Observations sur un faux Rudiste tertiaire, *Ibid.*, p. XVII.
77. Rectifications au mémoire de M. Peron sur la faune crétacée de Tunisie, *Ibid.*, p. XVIII.
78. Sur le Tissotia (n. gen.) Tissoti, *Ibid.*, pp. 499-503, 2 figures dans le texte.
79. IVbis. Caractères internes des Sauvagesia, *Ibid.*, p. XLIII et pp. 669-672, 2 figures dans le texte.
80. Études stratigraphiques dans la région du Cap Gris-Nez (en collaboration avec M. Rigaux), *Ibid.*, p. CX et pp. 819-525.
81. Sur l'âge des couches traversées par le canal de Panama, *Comptes-rendus Ac. Sc.*, 2 mars 1891.
82. Géologie de l'Isthme de Panama, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XIX, p. LXVI.
83. Comptes-rendus des travaux relatifs aux Lamellibranches en 1889, *Ann. Géol. Univ.*, t. VI, pp. 897-920.
84. Sur un Tissotia du Turonien moyen, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XX, p. XXIV.
85. Considérations sur la classification des Bélemnites, *Ibid.*, p. XXV.
86. Sur les Rudistes des Corbières permettant de caractériser des niveaux bien distincts au nombre de 9, *Ibid.*, p. LXXIX.
87. Sur les Hippurites de Benaïx-Leychert, *Ibid.*, p. LXXXV.
88. Études sur les Rudistes. I, Révision des principales espèces d'Hippurites, 2e partie, Hippurites à pores subréticulés et à pores polygonaux, *Mém. Soc. Géol., Paléontologie*, vol. II, pp. 33-56, pl. IV à VII, fig. 20 à 38.

1893

89. Présentation de la troisième partie du mémoire sur la révision des Hippurites, consacrée à l'étude des formes à pores linéaires ; et répartition des espèces des Corbières en 5 niveaux distincts, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XXI, p. XXV.
90. Observations au sujet des rides saillantes que présente la surface des sables de Fontainebleau, *Ibid.*, p. LXII.

91. Présentation de divers types d'Hippurites (Pironaea polystylus, Hipp. galloprovincialis, dentatus, latus); et répartition des espèces de la Catalogne, *Ibid.*, p. LXIII.
92. Comptes-rendus des travaux relatifs aux Lamellibranches en 1891, *Ann. Géol. univ.*, t. VIII, pp. 753-788.
93. Observations au sujet de l'étude par le Dr Jousseaume des fossiles recueillis par MM. Fuchs et Quellennec dans les travaux du canal de Corinthe, *Ibid.*, p. CXXXIV.
94. Révision des principales espèces d'Hippurites, 3e livraison, Hippurites à pores linéaires, *Mém. Soc. Géol., Paléontologie*, vol. III, pp. 57-94, pl. VIII à XV, fig. 39 à 63.
95. Comptes-rendus des travaux relatifs aux Lamellibranches en 1892, *Ann. Géol. univ.*, t. IX, pp. 803-836.

1894

96. Révision des principales espèces d'Hippurites, 4e livraison, Les Hippurites à replis multiples ; des caractères que présentent les plus anciennes formes d'Hippurites ; nouvelles études sur les Hippurites à pores réticulés ; *Mém. Soc. Géol., Paléontologie*, vol. IV, pp. 95-135, pl. XVI à XX.

1895

97. Observation sur la coupe des Martigues, publiée par M. Vasseur, et indication d'une lacune dans le Sénonien, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XXIII, p. VII.
98. Appel à la nécessité d'uniformiser les notations proposées pour la charnière des Lamellibranches, à la suite des communications de MM. Munier-Chalmas et Bernard, *Ibid.*, p. XXXVIII.
99. Description de l'ouverture bien conservée d'un Pseudonerinea, *Ibid.*, p. CLXXII, avec figure.
100. Notice nécrologique de P. H. Fischer, *Ibid.*, pp. 203-230.
101. Révision des principales espèces d'Hippurites, 5e livraison : les Hippurites de la Catalogne, *Mém. Soc. Géol., Paléontologie*, vol. V, pp. 139-186, pl. XXI à XXVIII, fig. 67.

102. Notice nécrologique sur Emile Bayle, *Ann. des Mines*, février 1895, 15 p.

1896

103. Observations sur la charnière des Lamellibranches hétérodontes (Unio, Trigonia, Rudistes), *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XXIV, pp. 26-28.
104. Sur le parallélisme des couches de Montsech à Hipp. Vidali, avec celles de Bénaïx-Leychert, *Ibid.*, p. 28.
105. Sur les Hippurites du col de l'Argentière, *Ibid.*, p. 44.
106. Les Hippurites de la province orientale (Italie, Autriche, Balkans, Asie et Afrique), et leur répartition en 5 niveaux, *Ibid.*, p. 453.
107. Sur la découverte par M. Prévost, de *Cératites* (1) sur la ligne du chemin de fer de Phu-Lang-Thuong à Langson (kil. 64 et kil. 74), *Ibid.*, p. 454.
108. Sur une Ammonite triasique *(Joannites)* recueillie en Grèce par M. de Loisy, élève à l'École des Mines ; et présentation des fossiles *(Heterodiceras, Nérinées)*, recueillies autrefois à Nauplie, par Boblaye, dans un agglomérat serpentineux, *Ibid.*, p. 799.
109. Les couches à Hippurites dans la partie moyenne de la vallée du Rhône, *Comptes-rendus Ac. sc.*, 10 février 1896.
110. Sur la constitution géologique des environs d'Héraclée, *Ibid.*, 16 mars 1896.
111. La craie à Hippurites dans la province orientale, *Ibid.*, 15 juin 1896.

1897

112. Sur des fossiles tertiaires (Miocène avec Helix desoudiana, Eocène à petites Nummulites), recueillis par M. Flick dans les environs d'Inkermann (Algérie), *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XXV, pp. 30-31.
113. Observations sur la note de M. de Grossouvre relative à la limite du Crétacé et du Tertiaire, *Ibid.*, p. 80.
114. Essai d'une classification systématique des Pectinidés, *Ibid.*, pp. 202-203.

(1) *Norites*, d'après Diener et Mojsisovics, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, vol. XXIV, p. 882 ; voir aussi dans la même note la description par les mêmes auteurs du *Javavites tonkinensis*.

115. Révision des principales espèces d'Hippurites, sixième livraison : les Hippurites de la province orientale ; les Hippurites de la province américaine, *Mém. Soc. Géol., Paléontologie*, vol. VII, pp. 187-230, pl. XXIX à XXXIV, fig. 68 à 72.

116. Compte-rendu des travaux relatifs aux Rudistes, *Rev. de Paléoz.*, t. I, pp. 158-167.

1898

117. V. Sur les Rudistes du Gault supérieur du Portugal, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XXVI, pp. 140-149, 8 fig. dans le texte.

118. VI. Sur les faunes de Rudistes du Crétacé inférieur, *Ibid.*, pp. 149-150.

119. VII. Sur un nouveau genre de Rudistes (Rousselia Guilhoti), *Ibid.*, pp. 151-154, fig. 9 à 11.

120. VIII. Des canaux du test dans les Rudistes, *Ibid.*, pp. 154-158.

121. Sur quelques fossiles du Pérou, recueillis par M. l'ingénienr Pinillos, *Ibid.*, pp. 386-387.

122. Sur les couches à Rudistes du Texas, *Ibid.*, pp. 387-388.

123. Sur l'âge des couches traversées par le canal de Panama, et sur les couches à Orbitoïdes des Antilles, *Ibid.*, pp. 587-600.

124. Classification phylogénique des Lamellibranches, *Comptes-rendus Ac. Sc.*, 21 mars 1898.

125. Compte-rendu des travaux relatifs aux Rudistes, *Rev. de Paléoz.*, t. II, pp. 119-125.

1899

126. Notice nécrologique sur Maurice Chaper, *Bull. Soc. Géol.*, 3e série, t. XXVII, pp. 174-190.

127. Sur une coupe transversale de Madagascar dressée par M. Vuillaume, *Ibid.*, pp. 385-394, 1 fig. dans le texte.

128. Sur les couches à Orbitoïdes (Lepidocyclina) du bassin de l'Adour, *Ibid.*, pp. 497-498.

129. Sur la découverte de couches nouvelles (Callovien à Zeilleria umbonella) à la base de la digue à Villers et sur l'accident qui suit la base des coteaux, *Ibid.*, p. 523.

130. Compte-rendu des travaux relatifs aux Rudistes, *Rev. de Paléoz.*, t. III, pp. 30-34.

131. Une découverte géologique à Villers-sur-Mer, *Feuille des Jeunes naturalistes.*

1900

132. Observations géologiques dans les environs d'Interlaken, *Bull. Soc. Géol.*, pp. 57-63.

133. Brachiopodes du Bathonien de St-Gaultier (in. Cossmann), *Ibid.*, pp. 202-203.

134. IX. Sur quelques Rudistes américains (Mexique et Texas), *Ibid.*, pp. 205-221, fig. 1 à 17.

135. X. Sur la distribution géographique des Rudistes, des Orbitolines et des Orbitoïdes, la Mésogée, *Ibid.*, pp. 223-235.

136. Sur des Lingules avec pédoncule conservé, trouvées par M. Stuart-Menteath dans les dolomies du Trias au sud d'Ascain, *Ibid.*, p. 836.

137. Sur les couches à Orbitoïdes des environs de Dax, *Ibid.*, p. 1000.

138. Compte-rendu des travaux relatifs aux Rudistes, *Rev. de Paléoz.*, t. IV, pp. 169-173.

139. Sur un Foraminifère, recueilli en Egypte par M. Fourtau, *Ibid.*, p. 1001.

140. Sur l'extension de la Mésogée, dans la colonie allemande de l'Est africain et à Madagascar, *Ibid.*, p. 1002.

141. Examen des fossiles rapportés de Chine par la mission Leclère, *Comptes-rendus Ac. sc.*, 26 février 1900.

142. Fossiles recueillis par M. Williaume dans les roches charbonneuses des environs de Nossi-Bé, *Comptes-rendus Ac. Sc.*, 5 juin 1900.

143. Notice sur la collection de Paléozoologie de l'Ecole des Mines, *VIII*e *Congrès géologique international.*

144. Rectification au sujet du Foraminifère recueilli en Egypte par M. Fourtau, *Bull. Soc. Géol.*, 4e série, t. I, p. 156.

1901

145. Présentation de Rudistes provenant du Petit-Caucase et des bords de l'Euphrate, *Ibid.*, p. 441.

146. Sur l'importance des Orbitoïdes et sur la localisation des Orbitoïdes (s. str.) dans le Campanien supérieur, des Orthophragmina dans l'Éocène, des Lepidocyclina dans l'Oligocène, des Miogypsina à la base du Miocène, *Ibid.*, p. 467.
147. Découverte d'une couche à Radiolaires dans la Brèche du Chablais, *Ibid.*, p. 469.
148. Eocène de Royan (en collaboration avec M. Robert Douvillé), *Ibid.*, pp. 627-636.
149. Sur le rattachement au Flysch de la molasse rouge de St.-Gingolph, *Ibid.*, p. 690.
150. Compte-rendu des travaux sur les Rudistes, *Rev. de Paléoz.*, t. V, pp. 97-106.
151. Sur le terrain jurassique de Madagascar, *VIIIe Congrès géol. international*, 10 p.
152. Les explorations géologiques de M. de Morgan en Perse, *Ibid.*, 8 p.

1902

153. Découverte du Trias en Grèce, par MM. Cayeux et Ardaillon, *Bull. Soc. Géol.*, 4e s., t. II, p. 5.
154. Présentation d'échantillons rapportés du sud Oranais par le général Jourdy, *Ibid.*, p. 6.
155. Sur le terrain nummulitique de l'Aquitaine, *Ibid.*, pp. 15-36.
156. Etudes sur les Nummulites (première note), *Ibid.*, pp. 207-213, pl. V.
157. Sur les analogies des faunes fossiles de la Perse avec celles de l'Europe et de l'Afrique, *Ibid.*, pp. 276-277.
158. Essai d'une révision des Orbitolites, *Ibid.*, pp. 289–306, pl. IX et X, 7 fig. dans le texte.
159. Distribution des Orbitolites et des Orbitoïdes dans la craie du sud-ouest, *Ibid.*, pp. 307-313.
160. Sur le genre Chondrodonta, Stanton, *Ibid.*, pp. 314-318, pl. XI, fig. dans le texte.
161. Découverte du Dévonien supérieur dans le sud Oranais, d'après des fossiles recueillis par M. Gautier, *Ibid.*, p. 397.
162. Observation au sujet de l'analogie des faunes crétacées en Perse et à Madagascar, *Ibid.*, p. 403.

163. Note sur les fossiles recueillis par M. Levat au Turkestan, *Ibid.*, p. 456.
164. XI. Classification des Radiolites, *Ibid.*, pp. 461-477. pl. XV (fig. 1-8).
165. XII. Sur un nouveau genre de Radiolites, *Ibid.*, pp. 478-482, pl. XV (fig. 9-12).

1903

166. Sur la découverte du genre Ferussacina, par M. Thomas, dans un calcaire lacustre de la vallée du Loing, *Bull. Soc. Géol.*, série 4e, t. 3.
167. Sur les fossiles silicifiés de Frayssinet-le-Gelat (Lot), *Ibid.*, pp. 93-96.
168. Sur le terrain nummulitique à Biarritz et dans les Alpes, *Ibid.* Séance du 16 mars, pp. 149-154.
169. Les Ralligstöcke et le Gerihorn, *Ibid.*, pp. 193-221, pl. IV à VI, 6 avril 1903.
170. Assimilation des nappes distinguées aux environs d'Interlaken avec celles de Glaris et celles du Dauphiné, *Ibid.*, Séance du 20 avril.
171. Sur les couches à Orthophragmina et sur les lacunes qui les séparent des couches à Orbitoïdes (s. str.) et des couches à Lepidocyclina, *Ibid.*, Séance du 4 mai.
172 Sur une cause de variations des faunes fossiles. *Comptes-rendus Ac. Sc.*, 18 mai 1903.
173. Compte-rendu des travaux sur les Rudistes, *Rev. de paléont.*, t. VII, pp. 152-162.

Sous presse

Paléontologie de la mission de Morgan en Perse, avec 25 planches.

APERÇU GÉNÉRAL

Enchaînements des fossiles

Dès le commencement de mes recherches géologiques, j'ai été frappé de voir que pour déterminer l'âge des couches, il fallait rechercher plutôt les **rapports** des fossiles que leurs **différences**, de sorte, que les seuls caractères ayant une valeur réelle étaient ceux qui résultaient de la comparaison des formes voisines. En les étudiant à ce point de vue, on voit que les fossiles se disposent dans le temps en séries vraisemblablement continues, de sorte que chaque forme peut être considérée comme résultant de la modification d'une forme plus ancienne et comme donnant naissance à des formes nouvelles plus ou moins différenciées. Ce sont ces relations de phylogénie que notre maître, M. Gaudry, a très heureusement caractérisées par le nom d'**enchaînements**. Comme il l'a nettement indiqué, il ne s'agit plus pour déterminer l'âge d'une couche de dresser une liste aussi longue que possible de fossiles plus ou moins caractéristiques, mais surtout d'apprécier le degré d'évolution des formes dont les restes se rencontrent dans cette couche.

Les bons et les mauvais fossiles

A ce point de vue les fossiles ont des valeurs très variables : les uns évoluent rapidement et constituent une *échelle* à échelons très rapprochés, ils permettront d'apprécier des intervalles de courte durée, et on doit les considérer

comme de *bons fossiles.* D'autres, au contraire, et c'est malheureusement le plus grand nombre, ne varient que lentement et persistent sans modifications appréciables pendant une ou plusieurs périodes géologiques, ce sont de *mauvais fossiles,* dont la présence ne donne au point de vue de l'âge des couches que des renseignements vagues et sans précision. Ce n'est donc pas tant le *nombre* de fossiles que leur *qualité* qui devra entrer en ligne de compte ; avant de tirer des conclusions de la présence de tel ou tel fossile, il faudra s'assurer d'abord s'il rentre dans la première catégorie et pour cela se rendre compte des différences qu'il présente avec les formes qui ont précédé et celles qui ont suivi.

Ordinairement ce sont les espèces les plus compliquées qui ont varié le plus vite, ou plus exactement ce sont celles dont les variations sont le plus facile à apprécier. On peut citer comme exemples les Echinides, les Goniatites et les Ammonites, avec leurs cloisons si caractéristiques, et aussi les Vertébrés qui jouent le rôle le plus important à partir de l'époque secondaire.

Les Rudistes

Mais les Vertébrés sont presque toujours des fossiles exceptionnels, et les Ammonites si fréquentes dans les terrains jurassiques, deviennent relativement rares à partir du Crétacé moyen. Il était donc d'une grande importance de mettre à la disposition des géologues d'autres séries de bons fossiles. Or, parmi les Mollusques, il est un groupe qui se distingue par l'extrême variété de ses formes et par leur grande complication, c'est celui des *Rudistes* ; Bayle avait commencé l'étude de quelques-unes de ces formes, il y a longtemps déjà (1855-1859), et avait mis en évidence leur structure fondamentale ; dès 1886, j'ai pu montrer l'unité de constitution de tout ce groupe (nº 53) et la possibilité de le faire dériver d'une forme unique, les *Diceras* ; j'ai ensuite étudié successivement chacune des branches, montré leur origine et leur développement progressif, et fait voir que plusieurs d'entr'elles pouvaient donner aux géologues des indications aussi précises que les Ammonites elles-mêmes. Parmi les formes les plus remarquables à ce point de vue, il faut citer les Hippurites : ce sont à la fois les formes les plus compliquées et celles qui donnent les meilleures indications sur l'âge des couches ; j'en ai publié une monographie détaillée (nºs 74, 88, 94, 96, 101, 114) accompagnée de 34 planches in-4º. L'ensemble

du groupe lui-même a été l'objet de 12 mémoires successifs, et le sujet est loin d'être épuisé. Je prépare en ce moment une monographie des Radiolites (nº 164).

Classification phylogénique

La reconstitution des enchaînements des formes fossiles n'a pas seulement un but pratique, celui de déterminer l'âge des couches, elle présente aussi une importance considérable au point de vue philosophique. C'est qu'en effet elle groupe les êtres dans leur ordre de plus proche parenté ; elle constitue par suite une classification essentiellement naturelle, la seule même qui mérite vraiment ce nom, la seule qui ne soit pas une simple vue de l'esprit, mais qui corresponde à quelque chose de réel, à l'ordre suivant lequel les êtres ont apparu à la surface du globe. Voici ce que j'écrivais à ce sujet en 1890 (nº 71).

« La classification générale (des Ammonites) reste encore bien incertaine malgré les nombreux travaux dont elle a été l'objet dans ces dernières années. C'est peut-être qu'on ne se rend pas un compte suffisamment net du but à atteindre. Sans doute on sait, depuis longtemps, qu'une bonne classification naturelle doit mettre en évidence les affinités réelles des êtres ; d'après Agassiz, elle doit « reproduire l'arrangement systématique de la nature (*De l'espèce*, p. 10) », « le plan dont les fondements furent jetés à l'origine des choses (ibid., p. 8) », « elle ne fait que traduire dans la langue de l'homme les pensées du Créateur (ibid., p. 9). » Ces indications qui paraissent bien vagues par leur généralité même, prennent au contraire un sens net et précis dès l'instant où on admet la théorie de la descendance : cet arrangement systématique, ce plan de la création, qu'est-ce autre chose en effet que la filiation des êtres ? Voilà le but et l'objet de toute vraie classification; sans doute il est difficile à atteindre, quelques-uns diront même impossible, mais n'est-ce pas déjà beaucoup que de pouvoir nettement définir le point vers lequel doivent tendre nos recherches et nos efforts.

« Dès l'instant où la classification devient un arbre généalogique, les divisions qu'elle emploie, les classes, les ordres, les familles, les genres et les espèces devront en représenter les branches et les rameaux de divers ordres. Sans doute ces termes perdent ainsi leur valeur absolue et n'ont plus qu'une signification relative : les classes seront des troncs jumeaux, les ordres, les

maîtresses branches, les familles et les genres, des rameaux de 1er et de 2e ordre; mais si l'arbre est trop touffu par places, ces divisions seront insuffisantes et il faudra intercaler des sous-ordres, des tribus, peut-être même des sous-genres. Mais tout cela est purement artificiel, ce découpage de l'arbre en morceaux est seulement rendu nécessaire par notre impuissance à en embrasser l'ensemble; de loin, nous ne voyons que les grandes masses; si nous voulons en examiner les détails, nous devrons nous rapprocher et alors notre horizon se rétrécira à mesure; nous couperons des branches de plus en plus petites et nous multiplierons les subdivisions; c'est là presque une affaire d'appréciation personnelle : telle branche qui, pour un presbyte, sera de grandeur moyenne et pourra correspondre à un genre, paraîtra énorme à un myope et sera pour lui au moins une famille. Sans doute, un tribunal arbitral (s'il en existait) pourrait décider que cette branche est décidément un genre; mais s'il est un domaine dans lequel le principe d'autorité aura de la difficulté à s'implanter, c'est bien certainement le domaine scientifique. Il est donc à prévoir qu'on ne s'entendra jamais ni sur les espèces, ni sur les sous-genres, ni sur les genres, ni sur les autres divisions employées. Mais au fond, toutes ces divisions étant de pures conceptions de l'esprit, l'inconvénient ne sera pas aussi grand qu'on pourrait le croire et l'arbre lui-même n'en subsistera pas moins, quelle que soit la grandeur des morceaux qu'on y taillera par la pensée. A une condition cependant, c'est que chacune des divisions établies ne représente qu'un seul morceau, branche ou rameau, parce qu'alors en les remettant bout à bout, on pourra reconstituer l'arbre lui-même; si au contraire on réunit sous un même lien, en une sorte de *fagot*, des morceaux pris en des points quelconques de l'arbre, toute reconstitution deviendra impossible, tant qu'on n'aura pas défait le fagot. C'est là malheureusement où nous en sommes aujourd'hui : bien des genres étaient hétérogènes et formés d'éléments empruntés à des branches différentes de l'arbre généalogique; il était indispensable d'en séparer les morceaux, tous les morceaux, et nous sommes maintenant au milieu de tous ces débris enchevêtrés, comme celui qui tenterait de reconstituer un arbre émietté par la cognée du bûcheron. »

La zoologie proprement dite, c'est-à-dire l'étude des animaux vivants, est incapable à elle seule d'établir cette classification phylogénique, c'est la *Paléontologie qui est appelée à en fournir les bases.*

D'après cette manière de voir, tout groupe vraiment naturel doit représenter un **rameau**, c'est-à-dire doit avoir une origine unique, qu'il s'agisse d'une classe, d'un ordre, d'une famille, d'un genre ou d'une espèce. Cette

conception s'éloigne assez notablement de celle qui est admise par la plupart des zoologues et par un assez grand nombre de paléontologues.

A tous ces points de vue l'étude des Rudistes est d'un grand intérêt, c'est un des rares groupes dont il ait été possible de reconstituer l'arbre généalogique d'une manière à peu près complète.

Répartition des Rudistes

Dans un ordre d'idées tout-à-fait différent, la répartition des Rudistes à la surface de la terre m'a conduit à des conclusions importantes au point de vue de l'histoire du globe (nº 134).

Partout les Rudistes sont associés à des récifs de coraux, et on doit en conclure que ces animaux vivaient près du rivage à une faible profondeur et dans des eaux d'une température relativement élevée. Ils sont également associés à certains Foraminifères, *Orbitolines*, *Orbitoïdes*, *Orbitolites*, dont les seuls représentants actuels vivent également dans le voisinage des récifs de coraux : les uns et les autres sont répartis à peu près exclusivement de nos jours dans la zone tropicale. On doit en conclure que la zone d'habitat des Rudistes dans les temps géologiques correspondait également à la zone la plus chaude.

La Mésogée

Nous avons donné à cette zone marine le nom de **Mésogée** : sa largeur plus ou moins grande est en relation avec la plus ou moins grande élévation de la température moyenne et si l'axe des pôles de la terre a réellement changé de position comme le pensent certains géologues, ses déplacements auront entraîné celui de la zone tropicale, c'est-à-dire de la Mésogée. C'est un point qui demandera à être étudié de très près.

La Mésogée a son point de départ dans le Pacifique et elle s'étendait depuis le Pérou, jusqu'au Texas ; de là, elle se dirigeait à l'Est par

le golfe du Mexique et la mer des Antilles, traversait l'Atlantique, puis occupait la partie méridionale de l'Eurasie, qu'elle séparait de l'Afrique et de la Lémurie ; elle se prolongeait ensuite par les îles de la Sonde et allait rejoindre l'Océan pacifique.

Cette ceinture marine continue a isolé pendant tout le Crétacé et la plus grande partie du Tertiaire, l'Amérique du Nord de l'Amérique du Sud, l'Eurasie de l'Afrique, et cette séparation a une importance considérable au point de vue du développement des faunes terrestres.

Périodicité des périodes froides

Les limites de la Mésogée en tant que mer chaude, tropicale, ne sont pas restées fixes pendant toute cette période, elles ont éprouvé une série d'oscillations ; ainsi dans l'Europe occidentale, tantôt on les voit remonter au Nord jusqu'à Maëstricht et même jusqu'au Danemark ; tantôt, au contraire, elles redescendent jusque dans le midi de la France. On peut penser que ces oscillations correspondent à des variations de la température moyenne, à des alternances de périodes chaudes et de périodes froides. Ces dernières sont indiquées par la disparition de certaines formes franchement mésogéennes, et il est curieux de constater que les périodes froides correspondent précisément aux limites des étages, à la fin du crétacé et au commencement de l'éocène, à la fin de l'éocène et au commencement du miocène, à la fin du miocène et au commencement du pliocène. Or, c'est également à la fin du pliocène et au commencement du quaternaire que vient se placer la dernière de ces périodes froides, celle qui est connue depuis longtemps sous le nom de période glaciaire.

C'est toujours pendant ces mêmes périodes froides que viennent se placer les grands mouvements de l'écorce terrestre et en particulier le soulèvement des Pyrénées et celui des Alpes.

Cette hypothèse, que nous avons émise tout récemment, nous paraît mériter l'attention des géologues, et si elle est confirmée, elle jetterait un jour nouveau sur l'explication des grands phénomènes géologiques.

MAMMIFÈRES. — CLASSIFICATION

J'ai indiqué plus haut que la seule classification naturelle était la classification phylogénique. Lorsqu'on a réalisé une classification de cette nature on s'aperçoit que parmi les caractères que présentent les êtres, les uns évoluent rapidement, on peut les qualifier d'**évolutifs**, tandis que les autres ne varient qu'avec une grande lenteur, on peut les désigner sous le nom de **statifs** (Munier-Chalmas). Habituellement les premiers sont les plus importants au point de vue de la constitution des êtres et ils sont excellents pour distinguer les groupements d'ordre secondaire; les seconds, au contraire, se conservant longtemps par hérédité, permettent de relier entre eux les divers rameaux d'une même branche, ce sont les plus utiles au point de vue de la classification.

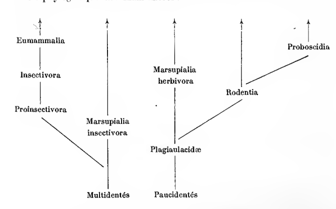
J'ai essayé, dans mon cours de l'Ecole des Mines, d'appliquer ces considérations à la classification des Mammifères et j'ai été frappé de voir que les groupes acceptés par tous les naturalistes étaient hétérogènes et entraient dans la catégorie de ce que j'ai appelé les *fagots*, voulant exprimer par là qu'ils étaient composés de rameaux appartenant à des branches différentes.

Lorsqu'on étudie attentivement le groupement des Mammifères on trouve que les meilleurs caractères *statifs* sont ceux qui sont fournis par le système dentaire, ils permettent de remonter des *Eumammalia*, dans lesquels toutes les dents antérieures sont de remplacement, aux *Insectivora* proprement dits, où le mode normal de remplacement des dents ne paraît pas exactement le même et peut-être n'est pas encore définitivement établi.

Les *Proinsectivora (Stylacodon, Dryolestes)* remontent dans les temps secondaires et se présentent là comme un rameau détaché d'autres formes qui ont beaucoup d'affinités avec les Marsupiaux, les *Promarsupialia (Triconodon, Amblotherium, Amphitherium*, etc.), caractérisés par des dents petites et nombreuses et que l'on connaît dès le Trias *(Microconodon, Dromatherium)*; ce premier groupe peut être caractérisé comme étant celui des *Multidentés* ou Insectivores primitifs.

Parallèlement à ce groupe on peut, depuis le Trias, suivre l'évolution d'un deuxième groupe qui se développe d'une manière tout à fait indépendante. Il commence par le *Tritylodon* et les *Plagiaulacidæ (Microlestes, Plagiaulax*, etc.), et se continue dans la nature actuelle par les *Kanguroos ;* c'est le groupe des Herbivores primitifs, toujours *paucidentés*. Mais il existe encore deux autres ordres confondus jusqu'à présent avec les *Eumammalia*, qui s'en éloignent par l'ensemble de leurs caractères et en particulier par le mode de remplacement des dents, tandis qu'il se rapproche au contraire des Marsupiaux herbivores, ce sont les *Rongeurs* et les *Proboscidiens*.

Le schéma ci-joint résume ce qui nous paraît devoir être la classification phylogénique des Mammifères :



On voit d'après cela que le groupe des Mammifères placentaires est un groupe manifestement hétérogène ; cela provient de ce que la présence du placenta est un caractère *évolutif* qui apparaît à un moment déterminé dans des branches très différentes ; de même l'absence de ce caractère indique seulement qu'on a affaire à une forme ancienne ou peu évoluée.

Les Phoques et les Cétacés, les Siréniens et les Homœodontes (Edentés) constituent des rameaux distincts détachés des Eumammalia et résultant d'adaptations spéciales.

MOLLUSQUES

CÉPHALOPODES

J'ai eu occasion de décrire (nos 34 et 35) une des plus curieuses formes d'Ammonite qui ait été rencontrée, le *Morphoceras pseudo-anceps* ; l'ouverture de la coquille présente des expansions singulières venant former une sorte de bouclier ou de masque, qui ne laisse que les ouvertures correspondant aux organes essentiels, la bouche entourée de ses tentacules, l'entonnoir, organe indispensable à la nage et à la respiration, les yeux et enfin une paire d'ouvertures rejetées du côté de l'ombilic dont le rôle reste encore douteux ; elles ont cependant une grande importance puisqu'elles ne se rencontrent que dans les Ammonées et font défaut dans les Céphalopodes tétrabranches. C'est là un argument à ajouter à tous ceux qui ont conduit à séparer les Ammonites des Nautiles.

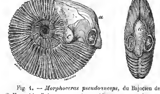


Fig 1. — *Morphoceras pseudoanceps*, du Bajocien de St-Honoré-les-Bains ; *a*, ouverture médiane correspondant en haut à la bouche et aux tentacules, en bas à l'entonnoir ; *b*, orbites ; *c*, ouvertures dorsales.

En étudiant cette forme extraordinaire j'ai été conduit à la rapprocher de quelques autres et à faire de ce petit groupe un genre nouveau *Morphoceras*. J'ai été frappé de voir que dans ce groupe les espèces se disposaient par *paires*, chacune d'elles étant composée d'une forme plate à tours déroulés et d'une forme renflée à ombilic étroit, et je me suis



Fig. 2 — L'*Argonota argo* peut donner, par analogie, une idée de la position de l'Ammonite dans sa coquille (fig. empruntée au Manuel de Woodward) (nos 34 et 35).

demandé alors si ce n'était pas le cas d'appliquer la théorie émise précédemment par d'Orbigny et de considérer les formes renflées comme les femelles,

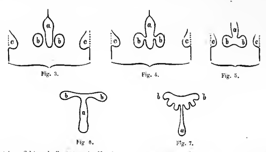


Fig. 3 et 4. — Schéma de l'ouverture du *Morphoceras pseudo-anceps*. — Fig. 5 — Id. du *Lissoceras cadomense*. — Fig. 6 et 7. Deux ouvertures de Nautilidés, pour servir de termes de comparaisons. Les lettres ont la même signification que dans la fig. 1 (nº 33)

les formes plates comme les mâles : les *Amm. polymorphus* et *dimorphus* seraient ainsi les femelles des *Amm. pseudo-anceps* et *Defrancei*. Plus tard Munier-Chalmas est arrivé à une conception analogue qu'il a précisée davantage en montrant que les mâles étaient précisément caractérisés par le grand développement des appendices de l'ouverture (joues latérales ou apophyses jugales), tandis qu'ils font défaut dans les femelles ; en outre les cloisons présentent une évolution différente, celle-ci éprouverait un arrêt relatif dans les mâles qu'il désigne pour cette raison comme étant des *formes statives*, tandis que les femelles seraient des *formes progressives*.

Jusqu'à présent, non seulement les mâles et les femelles ont été habituellement placés dans des espèces différentes, mais souvent même ils ont été considérés comme appartenant à des genres distincts.

J'ai appelé aussi l'attention sur la grande importance des cloisons dans les Ammonites au point de vue de la classification (nº 47) ; c'est là encore un caractère *statif* de premier ordre. On sait qu'il sert de fondement à la classification des Goniatites et il est tout aussi important pour l'étude des Ammonites ; mais comme je l'ai indiqué il faut s'attacher non pas aux détails de la cloison, détails qui varient beaucoup d'une espèce à l'autre dans un même genre, mais à ce que j'ai appelé le *plan* de la cloison qui apparaît dès le commencement du développement de l'animal.

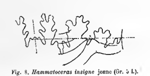


Fig. 8. *Hammatoceras insigne* jeune (Gr. 5 f.).

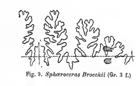


Fig. 9. *Sphæroceras Brocchii* (Gr. 3 f.)



Fig. 10. *Lioceras serpentinum* (Gr. 2 f.).



Fig. 11. *Ludwigia Murchisonæ* (Gr. 3 f.)

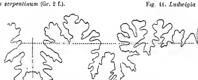


Fig. 12. *Sonninia propinquans* (Gr. 3 f.)

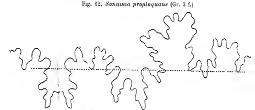


Fig. 13. *Ludwigia corrugata* (Gr. 6 f.)



Fig. 14. *Ludwigia corrugata* (Gr. 6 f.)

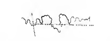


Fig. 15. *Ludwigia Romani* (d'après Oppel)



Fig. 16. *Ludwigia Romanoides* (Gr. 3 f.).

Fig. 17. *Lioceras cumulatum* (Gr. 3 f.)



Fig. 18. — *Oppelia præradiata*, n. sp. (Gr. 3 f.).

Fig. 19. — *O. subradiata*, var. renflée (Gr 3 f.)

Fig. 20. — *O. subradiata*, var. plate.

Fig. 21. — *Lissoceras psilodiscus* (Gr. 6 f.).

Fig. 22. — *Zurcheria Ubaldi*, n sp (Gr. 6 f.).

Fig. 23. — *Amaltheus Truellei*, jeune (Gr. 7 f.) (n° 48).

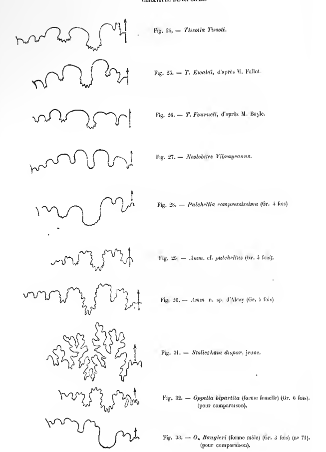


Fig. 24. — *Tissotia Tissoti.*

Fig. 25. — *T. Ewaldi,* d'après M. Fallot.

Fig. 26. — *T. Fourneli,* d'après M. Bayle.

Fig. 27. — *Neolobites Vibrayeanus.*

Fig. 28. — *Pulchellia compressissima* (Gr. 4 fois)

Fig. 29. — *Amm.* cf. *pulchellus* (Gr. 4 fois).

Fig. 30. — *Amm.* n. sp. d'Alcoy (Gr. 4 fois)

Fig. 31. — *Stoliczkaia dispar*, jeune.

Fig. 32. — *Oppelia bipartita* (forme femelle) (Gr. 6 fois). (pour comparaison).

Fig. 33. — *O. Baugieri* (forme mâle) (Gr. 3 fois) (nº 71). (pour comparaison).

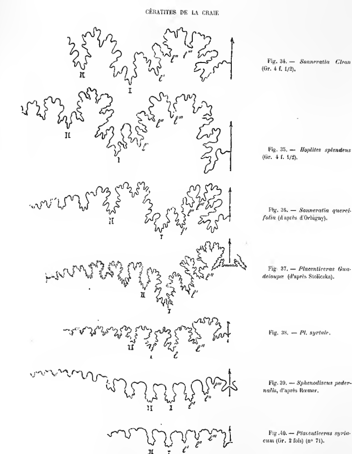


Fig. 34. — *Sonneratia Cleon* (Gr. 4 f. 1/2).

Fig. 35. — *Hoplites splendens* (Gr. 4 f. 1/2).

Fig. 36. — *Sonneratia quercifolia* (d'après d'Orbigny).

Fig. 37. — *Placenticeras Guadeloupæ* (d'après Stoliczka).

Fig. 38. — *Pl. syrtale*.

Fig. 39. — *Sphenodiscus pedernalis*, d'après Rœmer.

Fig. 40. — *Placenticeras syriacum* (Gr. 2 fois) (n° 71).

C'est ainsi que dans le cours de l'École des Mines (feuilles autographiées, n° 73), j'ai essayé de systématiser la classification des Ammonites : j'ai ainsi séparé les *Stephanoceras* des *Cœloceras* auxquels on les avait généralement réunis, pour les placer dans une famille tout-à-fait différente, celle des Cardiocératidés, le genre *Cardioceras* lui-même devant être éloigné des *Amaltheus* malgré les analogies des formes extérieures. J'ai appliqué cette manière de voir aux espèces crétacées (n° 71) ; depuis longtemps on avait été frappé de rencontrer parmi ces dernières des formes à cloisons simples rappelant les Cératites du Trias ; on les avait ensuite rapprochés des *Buchiceras* américains. Or, la forme générale (le plan) de la cloison montre que les *Tissotia* appartiennent aux Pulchelliidés, les *Sphenodiscus* et *Placenticeras* aux Hoplitidés, enfin que parmi les formes à carènes, les unes, *Schloenbachia* typiques, se rangent dans les Hoplitidés, tandis que les autres, constituant le genre *Mortoniceras*, appartiennent à une troisième famille, celle des Acanthocératidés. Ici encore l'étude de la cloison a montré plus tard que le genre *Acanthoceras* lui-même était hétérogène, les formes anciennes *Douvilleiceras*, qu'il faut probablement rapprocher des *Hoplitidés*, ont une cloison bien différente de celle des *Acanthoceras* typiques du Cénomanien et de la Craie Supérieure.

imaginary sect.
(a)
nat. size
side view
suture enlarged

Buchiceras bilobatum, Hyatt
sketch, approximately nat.
size of type, A. Hyatt.
Section at (a) is a little too
narrow, outer side is a little
broader than in figure

Fig 41. — Fac-simile d'un croquis envoyé par Hyatt de l'espèce type du genre *Buchiceras* (n° 71).



Fig 42. — *Tissotia Tissoti* type de l'espèce et du genre (n° 78).

J'ai eu occasion d'étudier les enchainements des **Bélemnites** et j'ai pu m'assurer qu'elles ont évolué avec une grande régula-

rité ; les formes les plus anciennes sont dépourvues de sillons. Dans le lias moyen on voit apparaître deux sillons latéraux à la pointe et on peut s'assurer que ces sillons représentent le prolongement des impressions latérales que l'on rencontre dans presque toutes les espèces, et qui correspondent aux insertions des muscles des nageoires latérales. Un peu après apparaît un sillon impair, ventral, dont l'importance est beaucoup plus grande. D'abord limité à la pointe *(Megateuthis, Dactyloteuthis)*, il s'allonge rapidement et occupe toute la longueur du rostre *(Belemnopsis)*, puis il abandonne la pointe et se raccourcit très lentement pendant le jurassique supérieur; dans le crétacé inférieur *(Pseudobelus)*, sa longueur est inférieure à la moitié de celle du rostre. Avec le cénomanien disparaît ce premier groupe de Bélemnites.

Il est remplacé par un second, celui des Bélemnitelles, dans lequel les premières formes sont caractérisées par une calcification incomplète du rostre *(Actinocamax)* qui atteint à peine l'ovisac ; la calcification augmente peu à peu, produit une pseudoalvéole plus ou moins pyramidale *(Gonioteuthis)* et devient complète seulement dans la craie supérieure *(Belemnitella)*. En même temps le sillon ventral toujours restreint à la partie antérieure, est plus accentué, il devient une scissure (nº 85).

GASTROPODES

J'ai figuré pour la première fois (nº 99) une ouverture bien conservée de Nérinée : elle est remarquable par sa profonde fissure suturale et son labre régulièrement convexe en avant ; cette disposition est tout à fait spéciale aux Nérinées et permet de les caractériser facilement, d'autant plus qu'elle est encore nettement indiquée par les lignes d'accroissement et par une étroite bande suprasuturale, quand le labre est brisé.



Fig. 43.
Ouverture de *Pseudonerinea* (nº 99).

En étudiant la faune si intéressante du Crétacé supérieur de Perse (mission de Morgan, sous presse), j'ai eu occasion d'examiner une série nombreuse de Gastropodes et j'ai reconnu que la forme et la disposition des lignes d'accroissement, reproduisant la forme du labre, peuvent fournir des renseignements précieux. J'ai pu m'assurer

ainsi que des espèces qui avaient été décrites par Noetling comme des Nérinées étaient en réalité, les unes des Turritelles, les autres des Cérites. Parmi ces dernières formes, j'ai reconnu qu'il existait des différences marquées dans la forme générale des lignes d'accroissement, différences qui permettent de distinguer plusieurs groupes peut-être plus éloignés les uns des autres qu'on ne l'a pensé jusqu'à présent. En particulier j'ai pu suivre les *Campanile* jusque dans la Craie inférieure et ils sont toujours faciles à séparer des autres Cérites.

LAMELLIBRANCHES

J'ai étudié ce groupe tout particulièrement et j'ai rendu compte des travaux dont il a été l'objet de 1889 à 1893 dans l'Annuaire géologique universel, puis plus spécialement dans ceux relatifs aux Rudistes, depuis 1896, dans la Revue critique de Paléozoologie.

Classification phylogénique

Adoptant les principes de la classification proposée par Neumayr et mettant à profit les études de Munier-Chalmas, et de Bernard, sur l'appareil cardinal, j'ai pu faire voir toute l'importance de ces caractères pour la classification phylogénique de ce groupe (nº 123) ; à l'origine viennent se placer les *Taxodontes* ou **Multidentés** qui représentent la forme primitive ; ils sont équivalves et presque équilatéraux tant qu'ils restent libres et qu'ils conservent la faculté de se mouvoir au fond de la mer. Dès que l'animal se fixe plus ou moins complètement par un byssus, la coquille devient inéquilatérale, la région siphonale (côté postérieur) se développant toujours plus que la région opposée, c'est le cas des *Arca* par exemple, et si l'animal reprend la vie libre comme nous le montrent les *Limopsis* et les *Pectunculus*, la coquille redevient équilatérale.

Dans les eaux agitées, l'action du courant tend à placer le centre de poussée sur le prolongement de la ligne du byssus, c'est-à-dire tend à rapprocher ce dernier du côté antérieur. Il en résulte une compression du byssus sur la partie antérieure de l'animal, sous l'influence de laquelle ce *côté antérieur s'atrophie*

progressivement ; cette action se porte principalement sur le muscle antérieur qui diminue de plus en plus, et finit par disparaître : la coquille devient d'abord *hétéromyaire*, puis *monomyaire* ; c'est ainsi que se constitue l'ordre des *Dysodontes* dans lequel le ligament prend une importance de plus en plus grande, tandis que les dents cardinales sont presque toujours atrophiées. Il n'en est pas moins incontestable que cet ordre représente une simple modification des Taxodontes résultant de la fixation byssale. Tantôt la coquille reste équivalve, dans les Mytilidés par exemple, tantôt elle se couche sur le côté et devient alors inéquivalve, c'est le cas des Aviculidés. Enfin, dans certaines formes (Ostréidés) la coquille peut se souder directement aux rochers par ses lames externes.

Dans les Monomyaires, comme les *Pecten*, la partie antérieure de l'animal est presque entièrement atrophiée, l'échancrure byssale qui correspond au pied, c'est-à-dire à la partie médiane de l'animal, étant toujours rejetée sous l'oreillette antérieure, c'est-à-dire très près de la ligne cardinale. La régularité de la coquille des Pecten est une fausse apparence, celle-ci n'est que pseudo-équilatérale.

Le groupe des *Pecten* est très intéressant (nº 114) : il permet de voir facilement combien la forme extérieure est en relation étroite avec le mode d'habitat de l'animal. Normalement les *Pecten* vivent fixés et couchés sur la valve droite : si le byssus est court et solide, cette valve s'aplatit tandis que la valve gauche devient convexe (*Semipecten*) ; il arrive quelquefois même que l'animal peut se fixer directement à une certaine période de son existence, par ses lames externes (*Hinnites*). Plus souvent l'animal reprend sa liberté et il peut alors se déplacer au fond de la mer avec assez de facilité, en fermant brusquement ses valves ; dans ces conditions il redevient plus ou moins équivalve (*Pecten*, *Chlamys*). Enfin quelquefois l'animal, quoique libre, reste toujours couché au fond de la mer sur la valve droite : celle-ci devient alors fortement convexe, tandis que la valve droite est plate ou même concave (*Janira*), la forme est inverse de celle des *Semipecten*. Ces différences dans les formes extérieures, résultent uniquement du mode d'existence de l'animal, elles se retrouvent dans tous les groupes de *Pecten* : ainsi en particulier dans les *Pecten* à dents cardinales bien développées, la forme équivalve est représentée par le genre *Plesiopecten*, et la forme Janire par les *Neithea* ; ce qui est plus intéressant, c'est que la forme Hinnite est précisément représentée dans ce même groupe par les *Spondylus* qui ne sont par suite qu'un rameau dérivé des *Pecten*.

Tandis que les *Pecten* sont fixés par la valve droite, les *Ostrea* le sont au contraire toujours par la valve gauche ; c'est un rameau tout à fait différent, et on ne connait pas encore la forme libre de laquelle il dérive.

Parmi les formes fixées appartenant également aux Dysodontes, il faut encore citer le curieux genre *Chondrodonta* (Stanton) qui présente des cuillerons si singuliers. Grâce à de bons échantillons communiqués par M. Arnaud, j'ai pu préparer complètement la charnière et montrer (nº 160) qu'il existait un fort muscle antérieur bien développé analogue à celui des *Pinna* et occupant comme dans ce dernier genre le sommet de la coquille ; celle-ci était donc hétéromyaire et non monomyaire, comme on l'avait pensé. Le ligament L (fig. 44) était inséré d'abord dans une gouttière marginale qui se développait progressivement vers l'intérieur en donnant naissance aux deux cuillerons croisés signalés plus haut. C'est un type des plus singuliers et qui, jusqu'au mémoire de Stanton, avait été confondu avec les *Ostrea*.

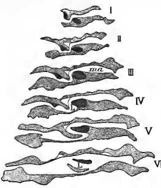


Fig. 44. — Six coupes parallèles au travers du crochet d'un échantillon de *Chondrodonta* (nº 160).

Dans les Dysodontes on observe souvent une tendance à la simplification de l'appareil cardinal et à la réduction du nombre de ses éléments. Une modification analogue mais portant sur les formes anciennes des Taxodontes à test nacré a donné naissance à un nouveau rameau, celui des **Paucidentés**, probablement dès le Silurien ; les formes normales de ce nouveau groupe, libres et équivalves, constituent l'ordre des *Hétérodontes* ; les formes de ce passage aux Multidentés sont peut-être représentées par les types curieux que nous a fait connaître M. Barrois dans le Silurien moyen de Bretagne. Quoi qu'il en soit, les formes primitives ont une charnière réduite à sa plus simple expression, une lamelle *3* sur la valve droite surélevée au droit des muscles, de manière à donner une dent cardinale antérieure (A III) et une dent cardinale postérieure (P III), et deux autres lamelles analogues, *2* et *4*, sur la valve gauche (A II, P II et A IV, P IV) ; le ligament occupe toute la longueur de la charnière comme

dans les Dysodontes, il est *amphidète*. Ce type est encore représenté de nos jours par les *Unios*. Une forme un peu plus spécialisée, avec ligament seulement postérieur, *opisthodète*, correspond aux *Trigonies*; c'est ce petit groupe qui a été quelquefois distingué sous le nom de Schizodontes.

Le type normal, qui paraît plus récent, a été étudié particulièrement d'abord par Munier-Chalmas, puis par Bernard ; ici le ligament occupe primitivement une cavité qui pénètre dans le plancher cardinal et sépare nettement la partie antérieure de la charnière de la partie postérieure. La portion de lamelle A III qui se trouve placée sur le bord de cette fossette ligamentaire primitive se spécialise de manière à donner une dent ligamentaire *3b* : c'est la première des dents cardinales qui, comme l'a montré Munier-Chalmas, sont une simple dépendance des dents antérieures. On voit se développer ensuite une dent *3a* formant un chevron avec la précédente et se dirigeant du sommet de la coquille vers le côté antérieur. A ces deux dents cardinales en correspondent trois sur la valve gauche, une interne, 2, et deux externes *4a* et *4b*, venant s'ajouter bien entendu aux latérales A III sur la valve droite, A II et A IV sur la valve gauche.

Ce système se complète presqu'aussitôt par l'apparition d'une latérale A I, et plus tard par une cardinale interne *1* qui provoque le dédoublement de la dent 2 en *2a* et *2b*. La charnière se trouve ainsi définitivement constituée par 4 dents latérales ou musculaires antérieures (A I, A II, A III, A IV), par 7 dents cardinales antérieures (1, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b), et par 4 dents latérales postérieures (A I, A II, A III, A IV). C'est la formule la plus générale, mais il est bien entendu que toutes ces dents ne se développent pas à la fois.

Tant que l'animal se déplace librement au fond de la mer, la coquille reste équivalve et subéquilatérale ; seulement sur les fonds sableux ou vaseux on voit fréquemment les animaux s'enfoncer dans le sable au moyen de leur pied, et rester en communication avec l'extérieur seulement par les deux ouvertures postérieures du manteau. L'animal qui, dans sa vie normale, avait son axe antéro-postérieur horizontal, se trouve maintenant avoir effectué une rotation de 90°, non plus comme dans les Dysodontes autour de la ligne cardinale, mais autour d'une ligne perpendiculaire au plan cardinal : la partie antérieure est en bas, au fond du trou, et l'axe antéro-postérieur est devenu vertical.

L'animal est porté à s'enfoncer de plus en plus pour se mettre à l'abri ; mais il est nécessaire que les bords des ouvertures du manteau

affleurent toujours la surface du fond de la mer, elles doivent s'allonger et ainsi se forment les deux tubes qui correspondent à ces ouvertures, et dont l'existence se traduit sur la coquille par l'existence d'un sinus palléal. On constate en outre que le côté antérieur de la coquille se raccourcit de plus en plus,

Certains animaux restent à demeure dans le trou qu'ils ont creusé et n'en sortent plus, ils présentent alors des caractères spéciaux qui ont motivé la création de l'ordre des *Desmodontes.* Le côté antérieur de la coquille est très raccourci ; l'impression palléale est sinueuse, d'autant plus que l'animal est plus enfoncé ; mais en même temps celui-ci n'a plus besoin de fermer sa coquille, qui devient souvent bâillante, tandis que les dents cardinales disparaissent ; par contre le ligament est bien développé, mais il a conservé souvent sa position primitive interne et il est alors porté sur un cuilleron plus ou moins développé. Dans beaucoup de formes actuelles on constate que les deux tubes ou siphons sont réunis dans une gaîne commune.

Lorsque le fond de la mer est plus ou moins meuble, il peut arriver qu'il soit raviné par les courants et que les Desmodontes soient ainsi privés de l'abri du trou qu'ils avaient creusé. Deux modifications peuvent alors se produire ou bien l'animal est trop modifié et n'a plus la possibilité de reprendre la vie active qu'il avait menée longtemps peut-être auparavant, il se couche alors simplement sur le côté et devient pleuroconque, c'est le cas des *Corbules* par exemple ; ou bien il a encore la force de se redresser sur son pied et de ramper à nouveau au fond de la mer ; on voit alors la coquille se fermer complètement et redevenir subéquilatérale, en même temps l'appareil cardinal peut se reformer. C'est le cas des *Mactres* par exemple et la comparaison avec les *Lutraires* est très instructive à cet égard.

Enfin une dernière modification très curieuse est présentée par les *Myes* : elles dérivent bien certainement du type Corbule qui, comme nous l'avons vu, est devenu pleuroconque ; ici, le cuilleron ligamentaire est formé de deux parties dyssymétriques comme les valves elles-mêmes ; tandis que sur la valve inférieure droite le cuilleron est appliqué sur la paroi de la coquille dont il ne se détache pas, il est au contraire représenté sur l'autre valve par une lame dressée perpendiculairement au plan de la charnière. Les Myes sont des Corbules qui ont recommencé à creuser un trou et à vivre dans la position habituelle des Desmodontes, la tête en bas. La coquille est redevenue tout naturellement orthoconque, équivalve et bâillante :

mais elle a conservé une trace de l'état pleuroconque par lequel elle a passé, les deux cuillerons restent dyssymétriques exactement comme dans les Corbules.

L'étude que nous venons de résumer en quelques mots nous a semblé particulièrement intéressante parce qu'elle nous montre les enchainements de ces formes si diverses, leurs transformations successives et parce qu'elle nous permet d'en suivre les lois et d'en indiquer les causes. C'est ce côté philosophique de la question que nous avons voulu mettre particulièrement en lumière.

LES RUDISTES

Leur histoire, leur origine. — Les Rudistes sont des Hétérodontes fixés ; c'est vers le milieu des temps jurassiques, au début de la période rauracienne, qu'ils ont pris naissance sur le rivage ouest ou sud du massif vosgien. Un des Lamellibranches vivant sur le récif de coraux qui frangeaient le rivage, un *Cardium* probablement, soumis à l'action brisante de la lame, avait peine à se maintenir par la simple adhérence de son pied ; il a trouvé avantage à se fixer directement par sa coquille, d'autant que la vague apportait une nourriture abondante et que l'animal n'avait pas besoin de se déplacer pour la chercher.

L'animal fixé s'est développé à la manière des Chames, il est devenu inéquivalve et la coquille a pris une forme généralement spiralée.

L'appareil cardinal est réduit à sa plus simple expression et comprend seulement trois dents, mais ce sont les plus importantes qui ont été conservées.

On sait d'après les travaux de Munier-Chalmas et de Bernard, que les dents latérales et cardinales résultent de la différenciation de deux lamelles sur chaque valve, deux antérieures et deux postérieures, la lamelle la plus interne (I) étant toujours sur la valve droite.

On peut aller plus loin et préciser la situation des dents principales, les unes sont des dents internes (I et II) et prennent leur origine dans le voisinage des muscles adducteurs, ce sont des dents latérales ; les autres sont des dents externes (III et IV) et viennent se placer dans le voisinage des couches externes de la coquille, et plus particulièrement

sur le bord du ligament primitif, ce sont les cardinales *3b* et *4b*, la première étant généralement la plus importante.

Les latérales antérieures et les latérales postérieures ont généralement un développement très inégal : le ligament en s'accroissant du côté postérieur refoule peu à peu les dents postérieures qui arrivent même à disparaître dans les formes fortement spiralées et à croissance rapide. Il faut par suite s'attendre à les voir manquer sur les Rudistes primitifs, et en effet la charnière se trouve alors réduite à la *dent ligamentaire 3 b* et aux deux *dents musculaires* antérieures A 1 et A II. Ce n'est que bien plus tard que la diminution de l'enroulement spiral permettra le développement d'une dent postérieure P II, au détriment de l'antérieure A I qui disparaîtra.

1° *Formes primitives, Dicératidés.*

A l'origine (n° 53) la fixation se fait indifféremment par la valve droite ou par la valve gauche, la charnière étant toujours formée par les



Fig 45. — Schéma d'une valve gauche de *Diceras*.

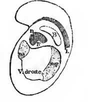


Fig. 45 bis. — Id. d'une valve droite du même.



Fig. 46. — Schéma d une valve droite d *Heterodiceras*.

L, rainure ligamentaire, B (*3 b*), N (A II), B' (A I), dents cardinales ; *b*, *n*, *b*, fossettes correspondantes ; *ma*, *mp*, impressions musculaires (n° 53).

dents A I, 3 *b* et A II ; ce groupe se réduit uniquement au genre *Diceras*, très développé dans le Rauracien.

2° *Formes normales, Réquiénidés*

Dès le Séquanien apparaît avec le genre *Heterodiceras* le groupe des formes normales toujours fixées par la valve gauche ; ce sont les *Réquiénidés* qui continuent à se développer pendant toute la série du

crétacé. La valve libre est d'abord presque aussi creuse que la valve fixée

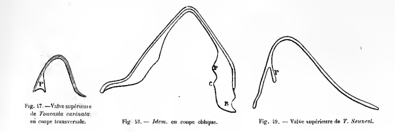


Fig. 47. — Valve supérieure de *Toucasia carinata* en coupe transversale.

Fig. 48. — *Idem.* en coupe oblique.

Fig. 49. — Valve supérieure de *T. Seunesi.*

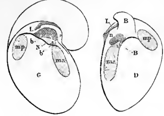
Fig. 50. — Valve supérieure de *T. Santanderensis*, en coupe transversale.



Fig. 51. — *Idem* en coupe oblique. P, apophyse myophore postérieure (n° 67).

et alors, pour diminuer la longueur des fibres musculaires du côté pos-

térieur, celles-ci sont portées souvent par des lames myophores (*Toucasia*, *Apricardia*). Dans certains *Toucasia*, la lame myophore prend la forme d'un cuilleron, porté sur un pédoncule (fig. 50, 51).



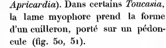


Fig. 52, 53. — Schéma de *Matheroniana* (nº 61).

Dans d'autres genres, la valve supérieure s'aplatit de plus en plus et devient operculiforme (*Matheronia*, *Requienia*), les lames myophores sont alors inutiles et disparaissent.

A signaler le très curieux genre *Bayleia*, M.-Ch., dans lequel les deux muscles sont portés sur des lames myophores : la valve gauche fixée ressemble fort à celle des Dicératidés, mais sur la valve droite qui est très creuse et très fortement enroulée, le bord du plancher cardinal se redresse et le muscle postérieur *mp* est porté sur une lame également dressée et comprise entre le bord de la coquille et celui du plancher cardinal.

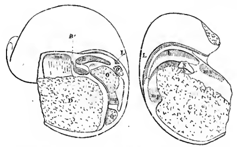


Fig. 54. — Valve droite de *Bayleia Pouechi*. Fig. 55. — Valve gauche du même (nº 61).
Les lettres ont toujours la même signification que précédemment (voir fig. 45).

3º *Formes inverses*

Ce troisième groupe est de beaucoup le plus varié et le plus important. Tandis que dans les formes précédentes, il y avait deux dents sur la valve droite et une sur la valve gauche fixée, ici nous avons deux dents sur la valve gauche et une sur la valve droite fixée ; on pourrait croire ainsi que les valves fixées sont homologues mais symétriques ; c'est

l'hypothèse que nous avions faite d'abord, et à laquelle Munier-Chalmas s'est arrêté également. Mais elle nous paraît inconciliable avec la constitution de l'appareil cardinal telle qu'elle a été établie par le même auteur : la dent la plus interne I étant toujours sur la valve droite, celle-ci se trouve avoir des caractères zoologiques nettement déterminés et il est impossible d'admettre que la valve droite d'une Chame senestre, par exemple, soit l'homologue de la valve gauche d'une espèce dextre (M.-Ch. 1903) ; les valves droites sont toujours les homologues les unes des autres, seulement le changement du mode de fixation amène une modification dans l'appareil cardinal, de telle sorte qu'il ne se développe jamais qu'une dent sur la valve fixée, *A II* si c'est une valve gauche, *3 b* si c'est une valve droite.

Dans les Rudistes cette modification est très facile à observer : dans les *Heterodiceras* normaux (fixés par la valve gauche) du jurassique supérieur, on discerne déjà quelquefois des indices de la dent postérieure P II ; dès la base du Crétacé on voit apparaître les premières formes fixées par la valve droite ; ce sont les *Valletia* qui ressemblent à des *Diceras* mais avec un enroulement d'apparence inverse (formes inverses). La dent P II augmente un peu, mais par compensation la dent A I disparaît ; la première se développe encore davantage dans *Gyropleura* et dans *Monopleura* où la charnière devient A II, *3 b*, P II. C'est la formule dentaire caractéristique des formes inverses, tandis que dans les formes normales elle était A I, A II, *3 b*. Pour que cette dent postérieure P II puisse se développer, il suffit que le ligament s'accroisse

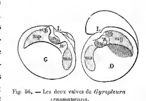


Fig. 56. — Les deux valves de *Gyropleura cenomanensis*.

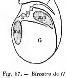


Fig. 57. — Birostre de *G. cornucopiæ* (n° 61).

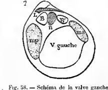


Fig. 58. — Schéma de la valve gauche de *Monopleura*.

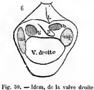
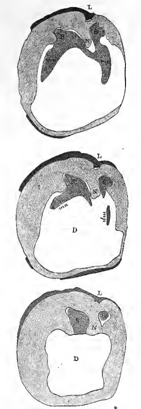


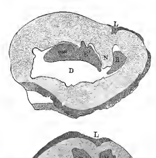
Fig. 59. — Idem, de la valve droite (n° 53).

L, rainure ligamentaire, B (P. II), N (*3 b*), B' (A. II), dents cardinales, *b*, *n*, *b'*, fossettes correspondantes, *ma*, *mp*, impressions musculaires.



moins rapidement dans la direction tangentielle ; il en est ainsi parce que la valve droite se creuse et elle se creuse parce qu'elle est fixée. On voit qu'il est facile de saisir le mécanisme de cette modification de l'appareil cardinal, et d'en comprendre la raison.

Deux groupes se différencient rapidement : dans le premier, *Gyropleurinés*, on voit persister d'abord l'enroulement primitif de la valve fixée, tandis que dans le second, *Monopleurinés;* cet enroulement disparaît et la valve droite fixée prend de suite la forme d'un cornet : les



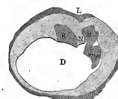


Fig. 60, 61, 62. — Trois coupes parallèles à la commissure dans un même échantillon de *Petalodontia Felixi*, du Mexique.

Fig. 63 et 64. — Idem, *P. calamitiformis.*

Les lettres ont la même signification que ci-dessus, fig. 56-59 (n° 134).

deux dents musculaires *A II* et *P II* se développent symétriquement et

s'allongent, en même temps que la dent médiane *3 b* se réduit peu à peu à une lamelle séparant les deux fossettes correspondant aux dents de la valve supérieure. La valve fixée s'allonge beaucoup, les muscles devraient s'allonger également, et pour éviter cet inconvénient, nous voyons d'abord la valve supérieure devenir concave comme dans certains *Agria;* puis peu à peu des apophyses myophores se développent sur la valve supérieure, comme dans *Petalodontia* et surtout dans *Radiolites*, où ces apophyses viennent se placer à faible distance de la surface interne de la valve fixée; elles supportent les muscles exclusivement sur leur surface externe.

D'étape en étape, nous sommes arrivés à une forme de coquille bien éloignée du point de départ, à tel point que pendant longtemps on s'est refusé à voir dans ces Rudistes des mollusques lamellibranches : la valve inférieure droite a la forme d'un cornet dressé et son test est lamelleux, la valve supérieure est operculiforme, et présente sur sa surface interne deux très longues dents normales à cette surface, à la suite desquelles viennent se placer les apophyses myophores. Les deux côtés de l'appareil cardinal sont presque symétriques, on distingue seulement toujours du côté postérieur, entre la dent P II et l'apophyse myophore, une échancrure par laquelle devait passer le rectum.

Une nouvelle modification plus singulière que les précédentes va encore se produire : la grande longueur des dents cardinales perpendiculairement au plan de commissure des valves, place le ligament dans des conditions tout à fait défavorables, la valve supérieure ne peut plus tourner autour d'un axe tangent aux deux valves, elle ne peut guère que s'élever ou s'abaisser. Si l'on examine le ligament, on voit qu'il occupe une cavité interne formée par un repli des *lames externes* (arête ligamentaire); sur la valve inférieure cette cavité (fig. 71) vient s'appuyer sur la dent *3 b* et elle se développe transversalement, tandis que sur la valve supérieure, elle s'allonge suivant le rayon (fig. 70). L'action élastique du ligament a alors pour effet de faire tourner légèrement la valve supérieure sur la valve inférieure, ce qui fait remonter un peu les dents sur les plans inclinés de leurs alvéoles et produit l'ouverture de la coquille.

On voit que malgré sa position singulière, le ligament peut encore agir, mais il est certainement bien gêné dans son mode d'action : dès l'instant où l'une des valves est devenue un opercule, le ligament ne doit pas être plus indispensable qu'il ne l'est dans les Gastropodes, dans les *Vivipara* par exemple, ou dans les *Turbo*. Dans ces coquilles l'action des

Fig. 65. — *Præradiolites cantabricus*, valve inférieure.

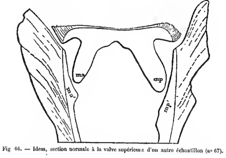
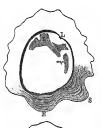


Fig 66. — Idem, section normale à la valve supérieure d'un autre échantillon (n° 67).





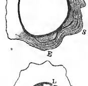
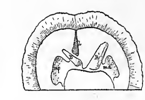
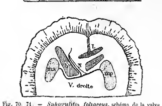




Fig. 67, 68, 69. — *Præradiolites Davidsoni*, trois coupes parallèles (nº 134).





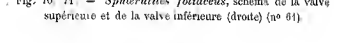


Fig. 70, 71. — *Sphærulites foliaceus*, schéma de la valve supérieure et de la valve inférieure (droite) (nº 61).

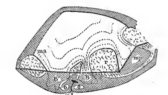


Fig. 72 — *Radiolites* (Dipilidia) *unisulcatus*, valve supérieure coupée dans la région cardinale et vue en perspective (nº 61).

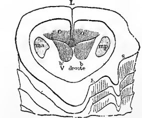


Fig. 73. — *Sphærulites cylindraceus* (nº 53).

L, rainure et fossette ligamentaires, arête ligamentaire ; B (P. II), N (3 b), B' (A. II), dents cardinales ; b, n, b', fossettes correspondantes ; ma mp, insertions des muscles ; S et E, ondulations du test correspondant aux ouvertures du manteau.

muscles suffit pour maintenir l'opercule en place, et s'ils se relâchent légèrement, l'eau pénètre à l'intérieur des valves, produit la turgescence de certains organes de l'animal, et amène l'ouverture complète des valves. C'est

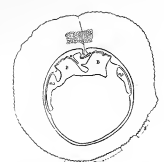


Fig. 74. — *Sauvagesia Sharpei*, coupe montrant l'arete ligamentaire L et l'appareil cardinal B' (A, II) et B (P. II), ainsi que les apophyses myophores *ma* et *mp*.

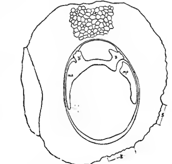


Fig 75. — *Biradiolites cornupastoris*, coupe différant de la précédente par la disparition de l'arête ligamentaire L (n° 79).

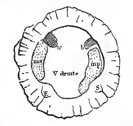


Fig 76. — *Lapeirousia Jouanneti*, vue de la valve inférieure, montrant les deux piliers E et S, correspondant aux mêmes orifices (n° 33).

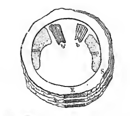


Fig. 77. — *Bir. cornupastoris*, vue perspective de la valve inférieure. E et S, les deux bandes correspondant aux deux orifices principaux du manteau.

ce qui doit se produire également chez les Rudistes et dès le Turonien, on rencontre des *Radiolites* sans ligament.

Les lames externes de ces coquilles sont presque toujours très développées et elles présentent des ondulations ou des bandes correspondant aux

ouvertures du manteau, principalement aux ouvertures d'entrée et de sortie de l'eau. On rencontre en outre assez souvent des indications de la troisième ouverture, ou ouverture pédieuse, ce qui indique que dans ces animaux le pied existait encore ; peut-être servait-il à soulever la valve supérieure.

Du reste, si normalement et originairement tous les *Radiolites* sont fixés parce qu'ils vivent en bancs à une faible profondeur et dans la zone des eaux agitées, il en est un assez grand nombre qui ont été amenés à vivre à une plus grande profondeur et dans des eaux plus tranquilles, où le fond était sableux ou vaseux et n'offrait plus de points d'appui solides ; les Radiolites se sont alors couchés sur le côté. Quand ils étaient fixés par la valve droite, ils étaient *pleuroconques*, quand ils sont couchés sur le côté antérieur, la commissure des valves reste encore oblique, et on peut les appeler *plagioconques ;* et dans cette position il n'est pas impossible qu'ils aient pu utiliser leur pied pour se déplacer au fond de la mer. Une forme curieuse s'est encore rapprochée davantage de la forme primitive : dans *Mouretia* les deux valves sont redevenues subégales, la commissure s'est tout à fait redressée et la coquille est *orthoconque*. Mais ce retour à la forme extérieure d'un Lamellibranche hétérodonte n'a pas encore eu le temps d'affecter les organes internes, la charnière est restée celle d'un *Radiolite* (nº 165).

J'ai établi sur des bases nouvelles la classification des *Radiolites* : les deux divisions adoptées jusqu'à présent étaient fondées sur la présence ou l'absence d'un ligament, or c'est essentiellement un caractère *évolutif*, qui indique seulement si les formes sont plus ou moins évoluées et il n'a qu'une importance d'ordre secondaire au point de vue de la classification. Après bien des tâtonnements, j'ai pu reconstituer la phylogénie de ces animaux et reconnaître ainsi que le caractère *statif* fondamental était fourni par la forme des inflexions de la coquille dans la région des ouvertures du manteau.

J'ai ainsi distingué deux groupes, celui des *Radiolitinés*, dans lequel les deux inflexions sont en forme de sinus arrondis, et celui des *Biradiolitinés* dans lesquels ils constituent des bandes cannelées dans les formes anciennes, devenant lisses dans les formes plus récentes. Dans chacun de ces groupes les formes anciennes ont un ligament, tandis que les formes plus récentes en sont dépourvues, mais cette évolution se fait à des époques très différentes dans les deux groupes : dans les Radiolitinés le ligament disparaît seulement dans le Dordonien, tandis que dans les Biradiolitinés cette modification se produit dès le Turonien.

FAMILLE DES *RADIOLITIDÉS*

I. Tribu des *RADIOLITINÉS*

Deux sinus correspondant aux deux ouvertures principales du manteau, anale (S) et respiratoire (E), et quelquefois un pli (V) correspondant à l'ouverture pédieuse.

A. Formes avec arête ligamentaire

1° Genre *Præradiolites* nov. gen. — Lames externes lisses ou ondulées, mais toujours fortement plissées dans la zone postérieure, qui présente deux sinus E et S et un pli pédieux V dans les formes anciennes (*cantabricus, Davidsoni, triangularis, Fleuriaui*) et presque toujours deux sinus et trois plis (V, 1 et PD) dans les formes dérivées (*ponsianus, plicatus, Moulinsi, Coquandi, sinuatus, Toucasi, Hœninghausi, Leymeriei*); mais quelquefois aussi *(alatus)* on ne retrouve que les deux sinus et le pli pédieux, ou même seulement les deux sinus *(biskarensis)*. Type : *P. Fleuriaui.*

2° Section *Radiolites* Lamarck, 1801. — Lames externes plissées; les sinus et les plis primitifs sont encore bien visibles dans les formes anciennes du groupe du *radiosus* (*lusitanicus, Choffati, Peroni, Lefevrei*). Mais assez rapidement les plis principaux se confondent avec ceux qui ornent tout le pourtour de la coquille et on ne distingue plus que les deux sinus, correspondant à un redressement assez marqué des lames externes. Souvent le sinus S est plus fortement redressé que le sinus E (*Sauvagesi, angeiodes, Nouleti*).

3° Section *Sphærulites* Delamétherie, 1805. — Lames externes très développées et tout-à-fait étalées, tantôt lisses, tantôt plus ou moins ondulées. On distingue sur le limbe deux bourrelets ou saillies, correspondant aux sinus (*foliaceus, patera, Sæmanni, cylindraceus*).

B. Formes sans arête ligamentaire

4° Section *Bournonia* Fischer, 1887. — Comprend les espèces à forme de *Præradiolites* (*excavata, Bournoni*).

5° Genre *Lapeirousia* Bayle, 1878. — Comprend les espèces à forme de *Sphærulites;* les lames externes sont largement étalées; elle présentent sur la valve inférieure deux piliers assez peu saillants, correspondant aux

ouvertures du manteau E et S, et deux oscules sur la valve supérieure (*Jouanneti*). Des formes nouvelles ont été découvertes dans le Santonien.

II. Tribu des *BIRADIOLITINÉS*

Deux bandes correspondant aux deux ouvertures du manteau E et S.

A. Formes avec arête ligamentaire

6° Genre *Sauvagesia* Bayle, 1886. — Lames externes plissées ; bandes finement costulées (*texana, Sharpei, Nicaisei, Mantelli*).

B. Formes sans arête ligamentaire

7° Genre *Biradiolites* d'Orbigny, 1847. — Formes anciennes à bandes costulées, c'est-à-dire à forme de *Sauvagesia* (*cornupastoris, Arnaudi*), formes dérivées à bandes lisses et à pli intermédiaire souvent unique et très développé (*angulosus, lumbricalis, acuticostatus, canaliculatus, fissicostatus, royanus, ingens*).

Un type tout à fait singulier est celui des *Ichthyosarcolithes* dans

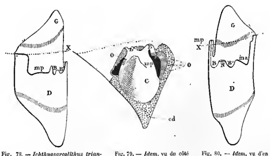


Fig. 78. — *Ichthyosarcolithus triangularis*, birostre vu du côté postérieur.

Fig. 79. — *Idem*, vu du côté dorso-antérieur.

Fig. 80. — *Idem*, vu d'en haut (n° 61).

lesquels les deux valves sont fortement enroulées ; l'animal vivait probablement couché sur le côté antérieur. L'appareil cardinal paraît bien être celui d'un Radiolite dépourvu de ligament, mais en outre on distingue

toute une série de canaux qui pénètrent profondément dans les lames internes. Des formes du même groupe, de très grande taille, et encore plus compliquées ont été décrites de la craie supérieure de la Jamaïque.

Le *Rousselia Guilhoti* de la craie supérieure des Pyrénées a aussi

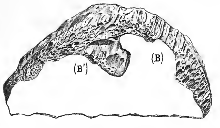


Fig. 81. — Vue de la partie supérieure de la valve inférieure droite, montrant la dent N (*3 b*) envahie par les canaux.

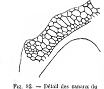


Fig. 82 — Détail des canaux du limbe.

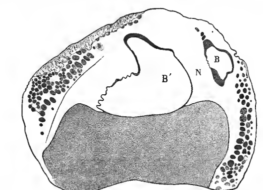


Fig. 83. — Section parallèle à la commissure, montrant l'appareil cardinal, B' (A. II), N (*3 b*), B (P. II) ; le ligament paraît manquer (n° 119).

Rousselia Guilhoti, n. gén. et n. sp.

des canaux et est dépourvu de ligament, mais par son appareil cardinal il se rapproche plutôt des *Monopleura* (fig. 81 à 83).

Les **Gyropleurinés** comprennent des formes beaucoup plus compliquées ; à l'origine dans *Gyropleura* le muscle postérieur vient s'insérer sur le plancher cardinal de la valve inférieure et précisément au-dessus de la cavité du crochet. Dans *Horiopleura*, la disposition est la même, mais, en outre, il se développe du même côté une lame myophore sur la valve supérieure gauche. Les *Polyconites* présentent une disposition analogue, sauf que la valve inférieure perd sa forme spiralée et devient conique ; la lame myophore de la valve supérieure est toujours couchée.

Dans tout le groupe des *Caprines*, le bord du plancher cardinal de la valve inférieure se redresse vers l'intérieur de la valve et délimite une sorte de cavité dans laquelle pénètre la lame myophore postérieure également redressée de l'autre valve, qui supporte alors le muscle sur sa face *interne*.

En même temps il se développe toute une série de canaux longitudinaux dans la région marginale des couches internes, comprise en dehors de l'impression palléale. Ces canaux sont tantôt polygonaux, tantôt délimités par des lames radiantes simples, bi ou polyfurquées, ils peuvent exister sur tout le pourtour des deux valves (*Schiosia, Caprinula*), tantôt, au contraire, ils ne sont bien développés que sur la valve supérieure (*Caprina, Plagioptychus*), tantôt enfin, ils sont remplacés par des cavités accessoires simples (*Caprotina*). La fossette destinée à recevoir la dent *3 b* prend souvent un développement exagéré et donne naissance à une nouvelle cavité accessoire *n'* dont l'usage reste inexpliqué.

Le dernier type de ce groupe est en même temps le plus singulier et le plus curieux : la valve inférieure (droite) a la forme d'un cornet droit ordinairement très allongé ; la valve supérieure est plate et operculiforme. La charnière est à peu près celle d'une Caprotine, c'est-à-dire formée de deux dents cardinales A II et P II séparées par la dent *3b*, et d'une lame ou cuilleron myophore venant se placer à la suite de la dent postérieure P II et supportant le muscle postérieur sur sa face *interne*. Le ligament est interne et porté, comme dans les Radiolites, par un repli des lames externes (arête cardinale) qui vient aboutir dans le voisinage de la dent *3 b*. Tout cet ensemble, dents cardinales et apophyse myophore postérieure, très allongé dans le sens perpendiculaire à la commissure, est immobilisé par sa forme même, pendant que la coquille s'élargit et déborde tout autour.

Les portions des couches externes liées à l'appareil cardinal comme le support du ligament, qui est toujours dans la dépendance de la dent *3 b*,

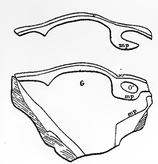
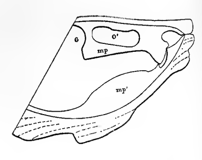


Fig. 84 et 85. — *Horiopleura Baylei*, deux coupes obliques antéro-postérieures, montrant la lame myophore *mp* et la cavité accessoire O'.



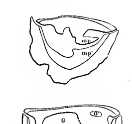
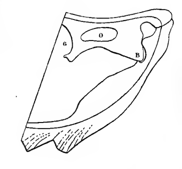


Fig. 86 et 87. — Deux coupes analogues sur un échantillon de Sicile.



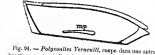


Fig. 91. — *Polyconites Verneuili*, coupe dans une autre direction montrant l'extrémité de la lame myophore (nº 67).

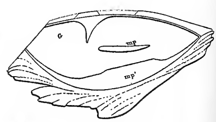


Fig. 88, 89, 90. — *Polyconites Verneuili*, trois coupes obliques parallèles.

Fig. 92 et 93. — *Polyconites sub-Verneuili,* vues de la partie supérieure de deux birostres.

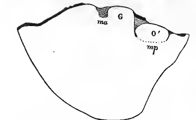
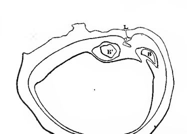


Fig. 94 — Section transversale de la même espèce (nº 117).



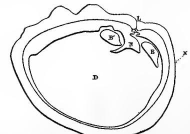


Fig. 95 et 96. — *Pol. Verneuili,* deux sections parallèles à la commissure (nº 67).

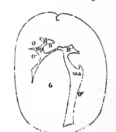


Fig. 97. — *Polyconites operculatus,* section très rapprochée de la valve supérieure.

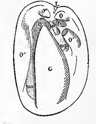


Fig. 98. — Vue de la partie supérieure du birostre.

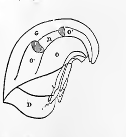


Fig. 99. — Birostre de *Caprotina quadripartita* (d'après Woodward) comme terme de comparaison avec les précédents (nº 64).

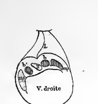


Fig. 101. — *Caprotina striata*, schéma de la valve droite.

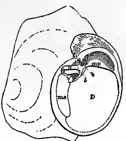


Fig. 100. — *Caprotina striata*, jeune, valve droite, figure grossie (n° 61).

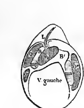


Fig. 103. — *Caprotina quadripartita*; schéma de la valve gauche.

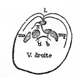


Fig. 102 — *Idem*, schéma de la valve gauche.

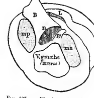


Fig. 105. — *Plagioptychus Aguilloni*, valve gauche.



Fig. 104. — *Caprotina costata*, schéma de la valve droite.

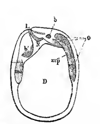


Fig. 107. — *Caprina adversa*, valve droite (n° 61).

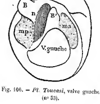


Fig. 106. — *Pl. Toucasi*, valve gauche (n° 53).

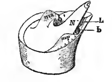


Fig. 108.—Vue de la même valve (n° 62).

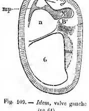
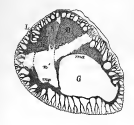


Fig. 109. — *Idem*, valve gauche (n° 61).

L, rainure ligamentaire; B (P. II), N (9 b), B' (A. II) dents cardinales; *b*, *n*, *b'*, fossettes correspondantes; *ma*, *mp*, insertions des muscles; *o*, *o'*, *o''*, cavités accessoires.



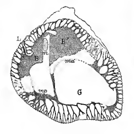


Fig. 110 et 111. — *Schiosia ramosa*, deux sections de la valve supérieure gauche.



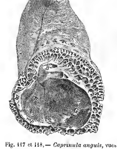
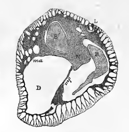


Fig. 117 et 118. — *Caprinula anguis*, vues de deux valves supérieures (nº 134).



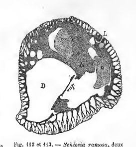
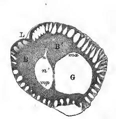
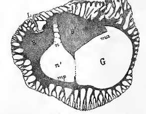


Fig. 112 et 113. — *Schiosia ramosa*, deux sections de la valve inférieure droite.





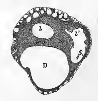


Fig. 114, 115 et 116. — *Schiosia ramosa*, autres sections (nº 134).

Les lettres ont la même signification que précédemment.

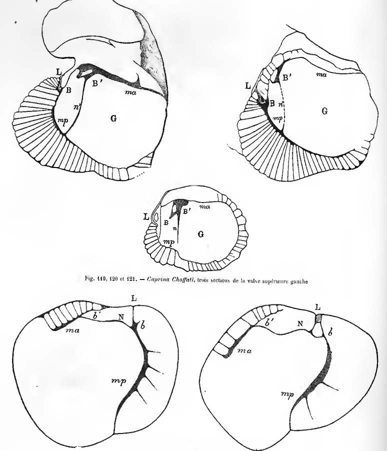


Fig. 119, 120 et 121. — *Caprina Choffati*, trois sections de la valve supérieure gauche

Fig. 122 et 123. — Deux sections de la valve inférieure droite.

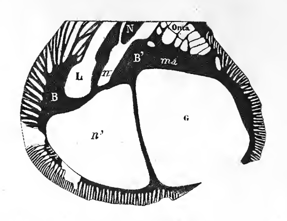


Fig. 124. — *Caprina adversa*, section de la valve supérieure montrant la cavité ligamentaire interne L, les dents cardinales B (P. II), N (3 b) et B' (A. II), la fossette *n*, la grande cavité accessoire *n'* et les apophyses myophores *ma* et *mp*.

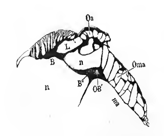


Fig. 125. — Section d'un autre échantillon montrant les grands canaux de la région dorsale.

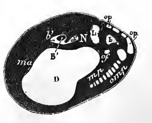


Fig. 126. — *Idem*, section de la valve inférieure droite, avec les grands canaux en dehors de la lame myophore postérieure (n° 62).

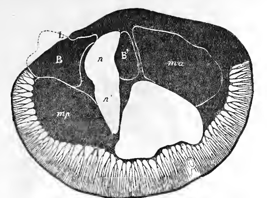


Fig. 127. — *Plagioptychus Toucasi*, section de la valve supérieure, montrant les canaux.

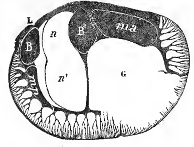


Fig. 128. — *Pl. Aiguilloni*, section de la valve supérieure montrant les canaux.

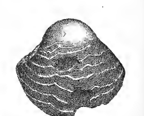


Fig. 129. — Bandes colorées à la surface d'un *Plagioptychus* de Gosau.

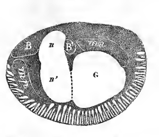


Fig. 130. — *Plagioptychus Arnaudi*, section de la valve supérieure avec les canaux.

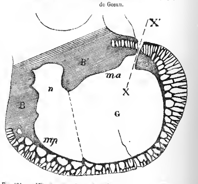


Fig. 131. — *Mitrocaprina Bayani*, section de la valve supérieure avec ses canaux ; XX', cassure.

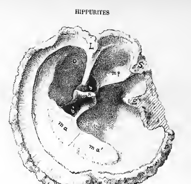


Fig. 132. — Valve inférieure d'*Hippurites petrocoriensis*.

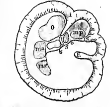


Fig. 133. — Schéma de la valve inférieure d'un *Hippurite* du groupe *cornuvaccinum*.

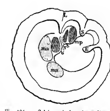


Fig. 134. — Schéma de la valve inférieure de l'*H. radiosus* (nº 33).

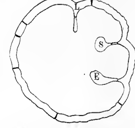
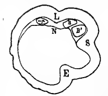


Fig. 135. — Reconstitution de la section de l'*H. vesiculosus* du Djebel-Attaka près Suez.



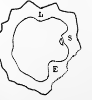
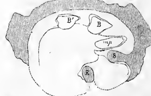


Fig. 136, 137 et 138. — Sections de l'*H. variabilis* du Montsech.

L, arête cardinale; B (P. II), N (3b), B' (A. II) dents cardinales ; *b*, *b'*, fossettes correspondantes, *ma*, *ma*, insertions du muscle antérieur ;



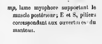

mp, lame myophore supportant le muscle postérieur; E et S, piliers correspondant aux ouvertures du manteau.

Fig. 139. — *H. cornucopiæ* du Mont Gargano (nº 115).

forment alors des replis plus ou moins allongés. C'est ainsi que prend naissance l'arête cardinale ou arête ligamentaire, rappelant tout à fait celle des Radiolites. Mais ce qui est plus singulier, c'est qu'il en est de même pour les portions du limbe qui correspond aux deux ouvertures postérieures du manteau : là se forment également deux replis des lames externes, donnant naissance à deux piliers (S et E). On pourrait attribuer cette disposition tout à fait spéciale à ce fait que les ouvertures du manteau sont dans la dépendance du ganglion postérieur qui est retenu sur le bord du muscle, et par suite près de la lame myophore postérieure.

La valve supérieure est aussi des plus curieuses : les trois replis des lames externes que nous venons de signaler s'y reproduisent naturellement, mais les deux qui correspondent aux piliers laissent chacune une ouverture ou *oscule*, par lequel se fait l'entrée ou la sortie de l'eau. En outre, toute la valve est traversée de grands canaux radiants qui viennent s'ouvrir sur le limbe, et communiquent avec l'extérieur par des pores traversant les couches superficielles de la coquille. Ces canaux rappellent certainement ceux des Caprines, et il était alors difficile de comprendre comment ces canaux pouvaient être en communication directe avec l'extérieur par des pores traversant les couches externes. Un examen plus approfondi m'a montré que ces canaux n'étaient pas homologues de ceux des *Caprines :* tandis que ceux-ci sont creusés dans les couches *internes*, ceux des Hippurites sont formés par les couches *externes* et par des prolongements de ces dernières, qui rappellent les lames frangées et découpées que l'on observe dans certaines Chames.

La présence du ligament dans les Hippurites avait été signalée par plusieurs paléontologues, antérieurement à mes travaux, mais seulement d'après des considérations théoriques et dans une position inexacte ; c'est ainsi que Munier-Chalmas le cite dans *Hipp. radiosus*, où il manque à peu près certainement. Nous l'avons mis pour la première fois en évidence par la méthode des sections dans les *Hipp. gosaviensis, sulcatus, Archiaci*, et montré (nº 75) que son existence est liée à une troncature de l'extrémité de l'arête ligamentaire, facile à reconnaître. Mais, de même que dans les Radiolites, le ligament se trouvait ici placé dans des conditions peu favorables et il a disparu souvent, en même temps que s'arrondissait l'extrémité de l'arête ligamentaire ; celle-ci se raccourcit alors peu à peu et se transforme en un simple bourrelet qui finit lui-même par disparaître dans certaines espèces. Ces variations dans le développement de l'arête cardinale, ainsi que

les différences de même ordre que l'on observe dans la forme et le développement des piliers constituent un ensemble de caractères de premier ordre pour la détermination des espèces d'Hippurites : celles-ci varient régulièrement et rapidement d'une couche à l'autre, ainsi que nous avons pu le faire voir dans la Monographie que nous avons publiée sur ce groupe si curieux ; nous avons pu distinguer 27 espèces nouvelles, à côté des 35 espèces déjà connues et caractériser jusqu'à 7 niveaux distincts. Si l'on réfléchit que ces fossiles se rencontrent habituellement en grandes masses, on voit quels renseignements précieux ils peuvent fournir aux géologues. Il me suffira comme exemple de citer que j'ai pu fixer d'une manière presque rigoureuse l'âge des dépôts à Hippurites qui ont été signalés dans les régions encore si peu connues de l'Asie, en Asie-Mineure, sur les bords de l'Euphrate, en Perse et aux environs de Suez.

De l'exposé rapide que je viens de faire de mes travaux sur les Rudistes, il résulte qu'il n'est peut-être pas un groupe de fossiles qui présente des formes aussi diversifiées et dont on puisse suivre si complètement les variations dans le temps ; bien plus, elles sont d'une nature telle qu'il est souvent possible de dire le pourquoi de ces variations. Aussi l'importance de ce groupe est-elle considérable aussi bien au point de vue pratique (détermination de l'âge des terrains) qu'au point de vue théorique (enchaînements et classification des formes successives) et au point de vue philosophique (connaissance des causes des variations).

Chamidés

Les Chames ont toujours été réunies aux Rudistes, et cependant il est bien probable qu'elles constituent un rameau distinct, quoique dérivant toujours des Hétérodontes par voie de fixation. On peut à l'appui de cette manière de voir invoquer les raisons suivantes :

1° La coquille embryonnaire, avant la fixation, a une ornementation qui diffère de celle des Cardium ; elle doit être rapportée à un autre groupe.

2° Les Chames apparaissent brusquement avec tous leurs caractères dans les couches de Gosau, et on ne connaît pas de formes de passage avec les Rudistes proprement dits.

3° Enfin, leur mode de fixation indifféremment par la valve droite ou par la valve gauche, rappelle ce que l'on observe dans les *Dicératidés* ; par analogie, on pourrait considérer les Chames comme l'origine d'un nouveau rameau en voie de formation.

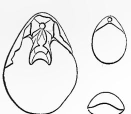


Fig. 140 — *Dielasma elongatum*, d'après Davidson.

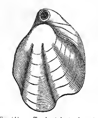


Fig. 141. — *Terebratula terebratula*, type du genre et de l'espèce, copie de la figure originale de Colonna de 1616.

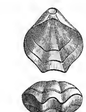


Fig. 143. — *Dictyothyris coarctata*, d'après Davidson.

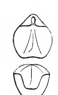


Fig. 144. — *Glossothyris nucleata*.

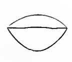


Fig. 142. — *Liothyrina vitrea*, vue frontale.

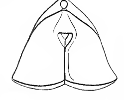


Fig. 145. — *Pygope triquetra* (n° 33).

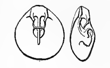
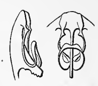
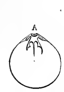
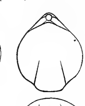



Fig. 146 et 147. — *Neothyris lenticularis*, individus jeunes de la collection de l'École des Mines.





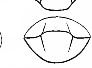
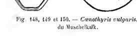




Fig. 148, 149 et 150. — *Cœnothyris vulgaris*, du Muschelkalk.

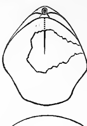
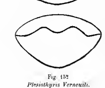



Fig. 152.
Plesiothyris Verneuili.

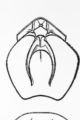



Fig. 151.
Zeillera cornuta.



Fig. 153.
Neothyris lenticularis.

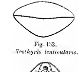


Fig. 154.
Macandrevia cranium.



Fig. 155.
Aulacothyris resupinata.

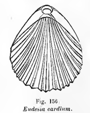


Fig. 156.
Eudesia cardium.

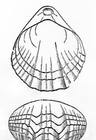
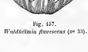



Fig. 157.
Waldheimia flavescens (nº 33).

BRACHIOPODES

Une de mes premières études a eu pour objet la classification des *Terebratulidae* et des *Waldheimiidae* (n° 33) qui, comme on le sait, jouent un rôle important dans les faunes des terrains secondaires. J'ai cherché à tenir compte à la fois des caractères internes et de la forme extérieure et j'ai montré que celle-ci avait une importance toute particulière. Ces coquilles sont généralement biplissées, les deux plis pouvant se réunir sur la ligne médiane par suite de l'atténuation, puis de la disparition de la dépression qui les sépare. Les plis sont tantôt normaux, c'est-à-dire saillants du côté de la valve dorsale (biplicatae), tantôt inverses lorsque leur convexité est dirigée du côté de la valve ventrale (antiplicatae); on peut caractériser ainsi deux groupes tout-à-fait distincts et séparés aussi bien dans les Térébratules que dans les Waldheimies, et on peut même se demander s'ils dérivent réellement d'une même souche.

L'étude des jeunes *Waldheimia* m'a montré que les apophyses internes subissaient des modifications assez considérables pendant le développement de l'animal. Dans les formes les plus jeunes, l'appareil interne rappelle celui des *Magas*, il se rapproche ensuite de celui des *Terebratella* et ce n'est que dans l'adulte que les branches descendantes se séparent franchement du septum. Il en résulte que les genres *Magas*, *Terebratella*, *Waldheimia* correspondent en réalité au développement plus ou moins avancé d'un même type.

A un autre point de vue, celui de la forme extérieure, on voit également que les *Glossothyris* dérivent des *Dictyothyris* par la réunion des deux plis en un seul, et il est facile de faire dériver de ce genre les curieuses térébratules trouées (*Pygope*), qui, dans le jeune âge, présentent exactement la forme des *Glossothyris*. La plupart des genres nouveaux proposés ou définis pour la première fois, *Plesiothyris*, *Zeilleria* (Bayle), *Aulacothyris*, *Cœnothyris*, *Liothyris* (changé pour cause de double emploi en *Liothyrina*), *Dictyothyris*, *Glossothyris* ont été généralement adoptés. Enfin j'ai fait voir que la présence ou l'absence de cloisons rostrales constituait un caractère important.

Par contre, je n'ai pas mis assez en relief les caractères résultant de l'évolution, et les enchaînements de ces différents genres. Si les *Dielasma* représentent bien la forme ancienne des *Terebratulidæ*, j'aurais dû mettre également les *Cænothyris* en tête des *Waldheimiidæ*, et montrer que le développement des *Macandrevia*, si curieux et si bien étudié par Friele, devait être considéré comme une modification récente de celui des *Waldheimia*, le septum se trouvant réduit à son rôle essentiel de soutien de l'appareil brachial dans le jeune âge, et disparaissant dans l'adulte. Enfin dans chacun de ce groupe, les *Antiplicatæ* forment une branche bien distincte dont l'origine est à rechercher.

Comme suite à ce travail de classification générale, j'ai étudié en détail les *Terebratulinæ* et *Waldheimiidæ* du terrain jurassique de l'Yonne et mis en évidence les services que ces formes pouvaient rendre pour la détermination des niveaux ; j'ai dans ce mémoire (nº 57) discuté ou décrit à nouveau 96 espèces.

Les coquilles des Térébratules présentent ordinairement des formes simples et peu variées, de telle sorte que leur évolution est difficile à apprécier, ce sont donc en général des fossiles médiocres, au moins pour les temps secondaires. Malgré cela, certaines formes un peu particulières comme la *Z. humeralis*, sont cantonnées dans un niveau assez restreint et peuvent donner des indications précises au point de vue de l'âge des couches.

Je signalerai enfin une nouvelle espèce de Rhynchonelle, *Rh. ampla*, que j'ai découverte avec M. Rolland dans le Bathonien supérieur des environs du Blanc, et que j'ai décrite et figurée (nº 49).

ÉCHINIDES

Structure du test.

S'il est un fait qui depuis longtemps ait frappé les géologues, c'est la structure particulière du test dans tous les Echinodermes fossiles. Toutes les fois que les échantillons sont calcaires ils présentent les trois clivages de la chaux carbonatée cristallisée, et pour cette raison on dit qu'ils présentent la texture spathique. La direction de ces clivages est du reste

en relation avec la forme générale de chaque portion du test de ces animaux.

C'est le cas en particulier pour les Echinides ; et chacune de leurs plaquettes doit être considérée comme une partie d'un seul individu cristallin dont l'axe serait perpendiculaire à cette plaquette. Il arrive parfois que le développement des actions de fossilisation a produit l'achèvement de ces individus cristallins et toute la surface de l'animal est alors recouverte d'une série de pointements tous semblables et disposés d'une manière régulière, chacun ayant pour base un des éléments du test.

Quelle est l'origine de cette texture singulière ? Au premier abord, elle ne paraît pas se présenter sur le test des Échinodermes vivants, dans lequel on distingue seulement une texture extrêmement poreuse produite par un réseau de canaux de section circulaire et orientés suivant trois directions rectangulaires.

Mais en réalité, *le test est entièrement cristallisé dans l'animal vivant*, comme j'ai pu m'en assurer en examinant des lames minces dans la lumière polarisée (nº 31) ; seulement les clivages sont masqués par la matière organique qui imprègne le tout ; ils deviennent visibles quand le test est suffisamment altéré et ils sont manifestes dans les fossiles, parce que les actions de fossilisation ont eu pour résultat un dépôt de chaux carbonatée, dans le réseau des canaux, et que celle-ci, en cristallisant, s'est orientée parallèlement à celle qui constituait déjà le squelette du test de l'animal vivant ; la fossilisation n'a fait que rendre plus sensible une disposition qui existait déjà. C'est, je crois, le seul exemple d'un corps dur faisant partie intégrante du squelette d'un animal vivant et qui soit entièrement cristallisé.

Classification

J'ai essayé, dans le cours de l'École des Mines, de reconstituer une classification phylogénique de ce groupe d'animaux et, en même temps, de mettre en évidence les causes de leurs transformations.

Au point de vue de la systématique, le test de ces animaux est constitué par 20 rangées de plaquettes, groupées 2 à 2 en 10 aires alternant régulièrement, 5 aires ambulacraires et 5 aires interambulacraires ; pour la facilité de l'exposition, il est plus simple de numéroter ces aires de 1 à 10, les numéros impairs désignant les ambulacres et les numéros pairs les interambulacres. Cette énumération se fait dans le sens du mouvement des

aiguilles d'une montre et elle est déterminée par cette condition que l'interambulacre correspondant à la plaque madréporiforme porte le nº 2.

Les formes anciennes et leurs descendants directs, les *Cidaris*, sont toujours caractérisés par leurs plaques ambulacraires simples, portant chacune un seul tentacule cylindrique, communiquant avec les organes internes par une paire de pores petits et rapprochés. Dans les *Cidaris* ou *Angustistellés*, les aires interambulacraires seules portent de gros radioles peu nombreux. Les *Cidaris* vivent principalement sur les Spongiaires, les Coraux et autres Zoophytes dont ils broutent les parties molles avec leurs fortes mâchoires : les gros radioles qui leur servent en quelque sorte de béquilles sont bien appropriés à la surface très irrégulière sur laquelle ils marchent.

Un second groupe vit sur un sol plus régulier, principalement rocheux et se nourrit des animaux ou des plantes qui y sont fixés, principalement des algues calcaires; il est avantageux pour eux d'avoir des points d'appui plus nombreux ; les Radioles sont donc plus petits, mais au lieu d'être restreints aux aires interambulacraires, ils envahissent également les ambulacres. Malgré la réduction du volume des radioles, les plaques ambulacraires sont encore trop petites pour les supporter, et on voit les plaquettes ambulacraires ou bien se développer inégalement, les plus grandes étant capables de porter un radiole, ou bien se souder par groupes de 2 ou 3 ou même plus, de manière à former des plaques composées de grandeur suffisante ; dans ce cas chacune de ces plaques aura *plusieurs* paires de pores et portera plusieurs tentacules. C'est le groupe des *Latistellés*, qui présentent également une mâchoire solide et dans lesquels la symétrie reste presque toujours régulière. On voit cependant apparaître un commencement d'irrégularité dans les *Acrosalenia*, où l'ouverture anale est un peu rejetée en arrière (à l'opposé de l'ambulacre 1) tout en restant comprise dans la rosette apicale, et dans les *Salenia* où cette même ouverture est rejetée en arrière et à droite.

Le troisième groupe ne vit plus que sur le sable où même dans le sable ou la vase, dont il se nourrit directement. Les radioles deviennent sans utilité pour la marche, ils sont réduits à l'état de simples poils dont le rôle est surtout de protéger les organes si délicats que l'on observe à l'extérieur du test, tentacules et pédicellaires. L'animal repose toujours sur le côté buccal qui s'aplatit, et la forme générale devient celle d'un bouton tantôt hémisphérique, tantôt discoïde. Par suite de la réduction du volume

des radioles, le groupement des plaquettes ambulacraires n'est plus nécessaire et elles redeviennent *simples* et *égales*.

Mais la modification la plus importante résulte de la dissymétrie acquise par la coquille qui devient *irrégulière* : Nous avions déjà vu le périprocte se porter en arrière dans les *Acrosalenia*, dans les *Pygaster* le même déplacement se produit, mais le cercle formé par la rosette apicale est rompu et le périprocte entame l'interambulacre n° 6 qui est ainsi franchement postérieur, pendant que l'ambulacre opposé, le n° 1, devient l'ambulacre antérieur, appelé quelquefois aussi l'ambulacre impair; l'animal, au lieu de se déplacer indifféremment dans la direction d'un quelconque des 5 ambulacres, marche toujours dans la direction de cet ambulacre n° 1.

Le déplacement du périprocte amène la suppression de la glande génitale située dans l'interambulacre postérieur et de la plaque génitale qui lui correspond. La liaison entre l'appareil apical et le périprocte existe cependant encore et les plaques ocellaires 5 et 7 restent sur le bord de l'ouverture; mais cette liaison est bien faible, elle est rapidement rompue et le périprocte continuant son mouvement en arrière devient marginal dans *Holectypus* puis franchement infère dans *Discoidea* où il arrive à une faible distance du péristome; cet écartement maximum de l'ouverture anale permet dans certains cas la réapparition de la glande et de la plaque génitales postérieures.

Dans tout ce groupe (tribu des *Disciformes*), le péristome est toujours au centre de la face inférieure et garni de mâchoires (*gnathostomes*); en outre les pores ambulacraires d'une même paire sont toujours rapprochés, les tentacules ambulacraires sont tous semblables et filiformes. Ce groupe persiste jusqu'au sommet des terrains crétacés.

Dans le tertiaire une modification importante se produit : dans le voisinage de l'apex, les pores conjugués d'une même paire s'éloignent l'un de l'autre, et les ambulacres deviennent pétaloïdes par suite de la spécialisation des tentacules; ceux-ci, primitivement cylindriques et filiformes, deviennent *triangulaires*, et se transforment en organes spécialement *respiratoires*. C'est ainsi que se forme la famille des Clypéastroïdes qui conserve encore des mâchoires et le péristome central : elle débute dans l'Eocène par les *Sismondia*, qui paraissent dériver des *Discoidea* et sont encore de petite taille. Le test s'aplatit et s'élargit dans les *Scutellina;* il présente des dimensions encore plus grandes dans les *Scutella*, et enfin dans les

Clypeaster il atteint son développement maximum comme taille et comme épaisseur et devient en même temps fortement gibbeux au centre. L'évolution de ce rameau issu des *Discoidea* est extrêmement intéressante.

Une modification plus importante caractérise la tribu des *Lampadiformes*; le péristome est encore central mais il n'a plus de mâchoires (*atélostomes*); dans les formes les plus anciennes, *Galeropygus*, le périprocte est encore en contact avec les ocellaires 5 et 7, mais il s'en sépare bientôt et se rapproche plus ou moins du bord postérieur; les ambulacres restent droits et les pores de chaque paire rapprochés, dans les *Hyboclypeidés* et les *Pyrinidés*, qui par les *Echinoneus* se prolongent jusqu'à l'époque actuelle.

Au contraire, ils se spécialisent dans les *Cassidulidés*, où ils deviennent subpétaloïdes; ici encore, comme dans les *Clypéastroïdés*, les tentacules de la partie supérieure deviennent lamelleux et jouent le rôle de branchies. Dans les *Clypeus*, les deux plaquettes ocellaires postérieures (n°s 5 et 7) s'allongent beaucoup et peuvent ainsi rester encore en contact avec le périprocte. Dans les *Pygurus*, *Echinanthus* et *Echinolampas*, le périprocte s'éloigne définitivement de l'apex et devient marginal ou inframarginal.

Dans la tribu des *Spatiformes*, les formes primitives présentent une disposition bien curieuse, conséquence de cette sorte de lien que nous avons vu exister entre la rosette apicale et le périprocte; on dirait que celui-ci, en s'éloignant en arrière, opère une traction sur l'apex; c'est ainsi que nous venons de voir les ocellaires postérieures s'allonger dans les *Clypeus*; ici, dans *Collyrites*, l'effet produit est bien plus singulier : il sépare l'apex en deux parties; les deux ocellaires postérieures restent d'abord sur le bord du périprocte (*C. ringens*) et sont largement séparées de toute la partie antérieure de la rosette apicale comprenant les 4 génitales, n°s 2, 4, 8 et 10, et les 3 ocellaires, n°s 1, 3 et 9; mais cette partie antérieure elle-même est *allongée* et les 2 ocellaires 3 et 9 viennent se rejoindre et séparent complètement les génitales antérieures 2 et 10 des génitales postérieures 4 et 8. Un degré de plus se trouve franchi dans le *C. ellipticus* du Callovien; le périprocte se porte encore un peu en arrière et abandonne les 2 ocellaires postérieures; la séparation entre ces dernières et le périprocte n'a été que retardée, elle n'en finit pas moins par se réaliser. Mais, à partir de ce moment, un mouvement inverse va se produire et nous allons assister au retour progressif vers la forme condensée habituelle de la rosette apicale; en voici les différentes étapes :

1° Dans les *Dysaster* du Jurassique supérieur, l'apex est toujours disjoint, mais la partie antérieure a repris la forme compacte et les génitales postérieures sont revenues en contact avec les génitales antérieures ; elles ont refoulé sur les côtés les ocellaires 7 et 9 ;

2° Dans le terrain crétacé, les 2 ocellaires postérieures, 5 et 7, reviennent au contact des génitales postérieures, 4 et 8 ; l'apex n'est plus disjoint, mais nous avons encore deux groupes distincts : celui des *Holastéridés*, dérivant des *Collyrites*, dans lequel l'appareil apical est encore allongé ou intercalaire, et celui des *Spatangidés*, dans lequel il est compact, comme dans *Dysaster*.

Ces animaux vivent plus ou moins enfoncés dans le sable ou la vase et les tentacules se spécialisent de plus en plus ; ceux qui entourent la bouche sont subdivisés à leur extrémité et jouent le rôle d'organes du tact; ceux de l'ambulacre antérieur conservent la forme primitive et servent principalement à la locomotion ; enfin, ceux qui entourent l'apex sont lamelliformes et jouent le rôle de branchies. En même temps on observe à la surface des bandes très finement granuleuses, ce sont les *fascioles* dont le rôle et l'origine sont encore mal connus : on a pu seulement constater que les points où ils rencontrent les ambulacres, correspondent à des changements dans la constitution des tentacules. On observe normalement une fasciole péripétale et une autre infraanale qui existent souvent indépendamment l'une de l'autre ; la première entoure la partie pétaloïde des ambulacres et délimite par suite les tentacules respiratoires ; la seconde, quand elle est seule, constitue une courbe fermée située tout entière au dessous du périprocte (*Micraster*) ; quand elle existe en même temps que la première, elle s'ouvre en deux branches qui vont rejoindre la fasciole péripétale, ordinairement entre les ambulacres latéraux.

Dans les *Holastéridés* normaux l'appareil apical est, comme nous l'avons vu, allongé ou intercalaire ; mais ce groupe aussi finit par obéir à cette tendance à la concentration qui domine toute la seconde partie de l'histoire des Spatiformes. C'est ainsi que les *Échinocorys* à apex allongé donnent naissance aux *Stenonia* à apex compact et j'ai pu observer une forme de passage dans un *Echinocorys semiglobus* de Gan où les génitales 2 et 4 viennent se rejoindre en refoulant vers l'extérieur l'ocellaire 3. Il résulte de là que tous les Spatiformes à apex compact n'appartiennent pas nécessairement aux *Spatangidés*, certains d'entr'eux représentant le dernier terme de l'évolution des *Holastéridés*.

Les Spatangidés prennent un développement considérable à partir du tertiaire, mais ils n'en paraissent pas moins dériver d'un type unique, l'*Échinospatangus cordiformis*, qui pourrait provenir lui-même soit d'un *Holaster*, soit d'un *Dysaster*.

On voit d'après ce qui précède que les différents caractères employés dans la classification des Échinides ont une signification bien déterminée; les formes primitives (Cidaridés) ont un petit nombre de gros radioles et des plaquettes ambulacraires simples; un second groupe a des radioles plus petits mais plus nombreux et envahissant les ambulacres, il en résulte le groupement des plaques ambulacraires, leur inégalité ou leur soudure; dans un troisième groupe les radioles sont encore plus petits, piliformes et les plaques ambulacraires redeviennent simples et égales, c'est le groupe des irréguliers. Ces trois groupes correspondent à trois manières de vivre différentes, sur les touffes de coraux ou de polypes hydraires, sur les rochers, sur les fonds de sable ou de vase.

La forme pétaloïde des ambulacres et d'une manière générale l'écartement des pores d'une même paire correspond à l'élargissement des tentacules qui de cylindriques deviennent lamelliformes et se spécialisent en organes respiratoires, en branchies. Cette *spécialisation* domine toute l'évolution des Echinides dans les temps secondaires.

Les Irréguliers plus ou moins enfoncés dans le sable ou dans la vase prennent l'habitude de se déplacer toujours dans le sens de l'ambulacre nº 1, qui devient antérieur. Le périprocte a alors une tendance à se déplacer en arrière, en même temps que la forme générale du corps devient ovale, mais il éprouve de la difficulté à franchir le cercle des plaquettes apicales qui présentent même une certaine tendance à le suivre dans son mouvement, c'est ainsi que les ocellaires postérieures s'allongent beaucoup dans les *Clypeus* et arrivent même à se séparer complèrement de l'apex dans les *Dysastéridés*. Malgré cela elles finissent par perdre le contact du périprocte et alors elles reviennent en avant prendre leur place en arrière de l'apex. Celui-ci redevient normal et compact soit dès le Crétacé inférieur dans les Spatangidés, soit seulement et exceptionnellement tout à fait à la fin du Crétacé dans les Holostéridés. C'est là un exemple des plus curieux d'une variation brusque se produisant à la base du jurassique moyen et s'atténuant progressivement mais ne disparaissant complètement qu'après un laps de temps considérable.

FORAMINIFÈRES

ORBITOÏDES

J'ai dit plus haut que les meilleurs fossiles étaient les plus compliqués ; on devrait donc s'attendre à ne pouvoir tirer qu'un parti bien médiocre d'animaux aussi simples que les Foraminifères, et en effet dans le plus grand nombre des cas les divers types de ces animaux ont eu une durée très longue et une évolution presque impossible à caractériser. Mais il existe quelques exceptions et comme ces fossiles se rencontrent le plus souvent avec une extrême abondance, il y avait un grand intérêt à rechercher quels étaient exactement les services qu'ils pouvaient rendre aux géologues. C'est un travail que j'ai commencé il y a peu d'années et que je poursuis en ce moment.

Les premières formes que j'ai eu occasion d'étudier sont des *Orbitoïdes* qui avaient été recueillies dans les travaux du canal de Panama par M. l'Ingénieur Cannelle ; elles occupaient sur le versant atlantique un horizon bien déterminé correspondant à l'Oligocène américain, et au-dessous d'un Miocène avec faune très riche ; mais je considérais ce niveau comme supérieur aux grès et schistes lignitifères du versant pacifique (nº 81).

Plus tard à l'occasion d'un nouvel envoi de fossiles fait par M. l'Ingénieur en chef Zurcher, j'ai reconnu (nº 123) la présence d'Orbitoïdes roulées dans le système lignitifère, qui se trouvait donc supérieur à l'Oligocène au lieu de lui être inférieur et représentait un faciès latéral ou un niveau spécial du Miocène. Dès lors les couches à Orbitoïdes représentaient la base des formations tertiaires de l'isthme sur les deux versants et dans le haut Chagres, et la mer dans laquelle vivaient ces animaux était ouverte à la fois sur le Pacifique et sur l'Atlantique.

Mais quel était l'âge exact de ces couches à Orbitoïdes ; c'était un point à examiner de près et pour cela il était nécessaire de reprendre l'étude de ces fossiles.

La première définition précise du genre *Orbitoïdes* a été faite par d'Orbigny ; elle est accompagnée de figures et se rapporte à l'*O. media*

de la craie supérieure : les loges médianes sont en forme d'écailles arrondies et constituent un réseau régulier.

Gumbel a ensuite étudié les espèces tertiaires et les a groupées en 5 sous-genres, dans lesquels 4 ont des loges médianes quadrangulaires (réunis par Munier-Chalmas sous le nom d'*Orthophragmina*) et un cinquième (*Lepidocydina*) a au contraire des loges arrondies ou hexagonales. Ces trois types de loges médianes (ou équatoriales), en écailles arrondies, rectangulaires ou hexagonales, peuvent se distinguer facilement et j'ai pu reconnaître (nº 123) que les *Orbitoïdes* (s. str.) étaient tous de la craie supérieure, que les *Orthophragmina* appartenaient à l'Éocène, et que dans tous les gisements d'âge nettement déterminé les *Lepidocyclina* étaient oligocènes. C'était là un point très important et qui donnait immédiatement un moyen précieux de déterminer à distance et d'une manière absolue l'âge des couches dans lesquelles on rencontrait les Orbitoïdes.

Passant ensuite à l'étude des Orbitoïdes de Panama, il m'a été facile de voir qu'ils appartenaient au genre *Lepidocyclina*, de sorte que tout en étant spécifiquement différents de l'*O. Mantelli*, de Wicksburg, ils n'en appartenaient pas moins comme ce dernier à l'Oligocène; les couches miocènes qui les recouvraient devaient dès lors être attribuées au Burdigalien.

Voyant ainsi tout le parti qu'il était possible de tirer de ces fossiles, j'ai vivement engagé mon ami M. Schlumberger à en faire une étude détaillée; les premières parties de ce grand travail qui ont paru jusqu'à présent, ont montré que les Orbitoïdes sont des fossiles excellents et que leurs différentes espèces sont étroitement cantonnées, et peuvent donner des indications très précises sur le niveau des couches où on les rencontre.

En même temps, M. Schlumberger faisait voir que le *L. burdigalensis* différait du genre *Lepidocyclina* par ses premières loges disposées en spirale, elle constituait une forme lui ayant succédé dans le temps et se prolongeant dans le Burdigalien (genre *Miogypsina*).

C'est à ce moment qu'examinant des fossiles du département des Landes, recueillis à Peyrère et à Saint-Géours par M. de Morgan, j'y ai reconnu des *Lepidocyclina* très voisins du *L. Mantelli* de l'Amérique du Nord (nº 128), associés à des formes plus petites rappelant celles de Panama, tandis qu'au-dessus, à Saint-Etienne d'Orthe, M. Schlumberger signalait la présence de *Miogypsina*, de même que dans les couches de base du Burdigalien de Dax. Ce groupe des Lepidocyclines prenait dès lors une importance

considérable et venait établir une liaison de plus entre les formations tertiaires des deux côtes de l'Atlantique. On les signale à Malte et dans les environs de Turin; les *Orthophragmina* que Munier-Chalmas a indiqués dans l'Oligocène du Vicentin sont en réalité des *Lepidocyclina* et enfin tout récemment M. Giraud les a retrouvés à la Martinique au-dessous des couches à *Turritella tornata*, analogues au Burdigalien de l'isthme de Panama. C'est, comme on le voit, un niveau qui a une importance considérable au point de vue du parallélisme à établir entre les formations tertiaires des diverses régions.

En étudiant la répartition des Orbitoidés j'ai été frappé (nº 172) de ce fait que les trois groupes si nettement distincts des *Orbitoïdes* (s. str.), des *Orthophragmina* et des *Lepidocyclina* sont en réalité séparés par des lacunes, tout au moins dans le Midi de la France; les Orbitoidés manquent en effet: 1º dans le Danien et dans l'Eocène inférieur; 2º dans l'Eocène supérieur au-dessus des couches si riches en *Orthophragmina* du Priabonien et dans l'Oligocène inférieur. J'ai pensé que cette disparition momentanée de fossiles qui vivaient certainement dans des eaux très chaudes, résultait peut-être d'un changement de climat, c'est-à-dire d'un refroidissement de la température générale, d'autant plus que dans le Danien disparaissaient en même temps les autres habitants des mers chaudes comme les Rudistes et beaucoup d'autres formes. J'ai signalé dans la même note une autre coïncidence curieuse, c'est que ces périodes froides correspondent précisément aux limites d'étages et aux grands mouvements de l'écorce terrestre.

La dernière de ces périodes froides est précisément la période glaciaire qui se présente dans des conditions analogues, à la fin du pliocène et au commencement du quaternaire. Ces relations nouvelles entre les limites d'étage, la température moyenne et les phases des plissements de la croûte terrestre montreraient que la distinction des étages n'est pas une simple vue de l'esprit mais a une valeur réelle et intrinsèque; il en résulterait aussi qu'il faut revenir à l'ancienne division en Eocène, Miocène et Pliocène, et que l'Oligocène correspond simplement aux couches de passage entre le premier et le second terme, enfin que le Quaternaire est bien le commencement d'une époque nouvelle.

En étudiant les Orbitoïdes crétacés au point de vue de leur distribution dans les couches de la craie supérieure, j'ai été amené à étudier quelques autres formes qui les accompagnent. Ainsi j'ai reconnu (nº 158) que l'ancien *Orbitolites macropora*, pour lequel Bronn avait établi avec

raison le genre *Omphalocyclus*, appartenait au groupe des perforés et devait par suite être rapproché non des Orbitolitidés, mais des Orbitoïdés.

ORBITOLITES

L'étude des Orbitolites m'a aussi intéressé particulièrement et j'ai pu mettre en évidence (n° 158) leur évolution depuis le Crétacé moyen jusqu'à l'époque actuelle. Ces formes sont spéciales à la Mésogée, et aujourd'hui elles vivent presqu'exclusivement dans la zone tropicale, si on laisse de côté certaines formes aberrantes comme les *Discospirina (Orbitolites italica* ou *tenuissima)*.

On sait que les **Orbitolites** sont des Foraminifères imperforés essentiellement formés de loges annulaires communiquant entre elles par des ouvertures marginales : dans les *Broeckina*, cette ouverture a la forme d'une fente périphérique, mais dans tous les autres genres les ouvertures sont punctiformes et disposées en deux ou plusieurs rangées. Dans *Præsorites*, du terrain crétacé, les loges sont subdivisées en logettes par des cloisons incomplètes qui n'occupent que le fond de l'anneau et sont plus ou moins indépendantes des ouvertures extérieures. Les cloisons se développent davantage dans *Sorites* : elles prennent naissance entre les orifices de la face postérieure de l'anneau et viennent aboutir précisément en face des ouvertures de la face antérieure; elles alternent ainsi régulièrement d'un anneau à l'anneau suivant, et la communication entre les logettes se fait par une sorte de canal à 3 voies ou en forme de T, qui communique également avec l'anneau suivant. Ce type se rencontre dans le Tertiaire et à l'époque actuelle. Les formes précédentes sont simples; elles ont donné naissance à des formes beaucoup plus complexes, tels que les *Marginopora*, qui vivent actuellement dans les mers tropicales : dans le jeune, le plas-

Fig. 158. — *Præsorites Moureti* (n° 158).

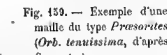


Fig. 159. — Exemple d'une maille du type *Præsorites* (*Orb. tenuissima*, d'après Carpenter).

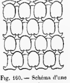


Fig. 160. — Schéma d'une maille de *Sorites*.

mostracum est constitué comme dans les Sorites, avec deux rangées d'ouverture et un stolon mettant en communication toutes les logettes. Ce plasmostracum se dédouble ensuite et, entre les deux moitiés, se développe une couche moyenne ayant une structure différente. Le stolon primitif s'est dédoublé en même temps et met en communication les logettes des deux couches superficielles, équivalant chacune à un demi-Sorites. Dans la couche moyenne, au contraire, les logettes sont allongées, plus ou moins cylindriques, et elles sont dépourvues de stolons, de telle sorte que les logettes d'un même anneau ne communiquent plus entre elles, mais seulement avec les logettes de l'anneau précédent et celles de l'anneau suivant.

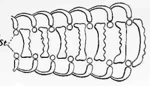


Fig. 161. — Section axiale d'un *Marginopora* (d'après Carpenter).

Enfin dans les *Orbitolites* proprement dit les couches superficielles n'existent plus, et la structure de l'ensemble est celle de la couche moyenne de *Marginopora*.

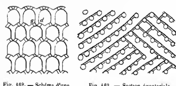


Fig. 162. — Schéma d'une maille d'*Orbitolites*, montrant comment elle dérive de *Sorites*.

Fig. 163. — Section équatoriale d'*Orbitolites complanata*, d'après Carpenter.

Les **Orbiculines** présentent une structure très analogue, mais les loges, au lieu d'être annulaires, ont la forme de segments d'anneaux et sont disposées en spirale.

Dans les formes jeunes et dans *Fallotia* (n. gen.) du Dordonien, le plasmostracum a tout à fait la forme d'une Nummulite ; les loges sont en chevron, embarrassantes et subdivisées en logettes par des cloisons transversales incomplètes, comme dans Prœsorites.

Dans *Orbiculina*, le plasmostracum n'est nummuloïde que très peu de temps, il s'aplatit ensuite beaucoup et présente une tendance à la forme cyclostègue, les logettes étant disposées comme dans Sorites.

Mais la forme la plus curieuse est le genre *Meandropsina :* dans le jeune âge c'est un *Fallotia*, mais il se modifie ensuite rapidement, s'aplatit comme *Orbiculina*, en même temps que la spirale d'enroulement devient extrêmement ouverte ; comme les couches de loges sont d'une minceur extrême, les filets qui les séparent deviennent très irréguliers, méandri-

formes, comme l'indique le nom donné à ce genre. Les *Meandropsina* sont donc en réalité des *Orbiculina* du type complexe à maille de Prœsorites.



Fig. 164. — Schéma d'une section axiale de *Meandropsina* montrant les relations des couches minces superficielles avec la couche médiane (nº 158).

On peut ainsi grouper les Orbitolites de la manière suivante :

Famille des Orbitolites

1. Loges simples	Ouverture en fente	*Broeckina*
2. Maille de *Prœsorites*	Forme simple, 1 ou 2 rangées d'ouvertures	*Prœsorites*
3. Maille de *Sorites*	id.	*Sorites*
4. Maille de Sorites à la surface et d'*Orbitolites* dans la couche moyenne	Forme complexe avec plus de 2 rangées d'ouvertures	*Marginopora*
5. Maille d'*Orbitolites*	id.	*Orbitolites*

Famille des Orbiculines

1. Maille de *Prœsorites*	Forme simple, nummulitoïde, densispirée	*Fallotia*
2. Id.	Forme complexe, discoïde, laxispirée	*Mandropsina*
3. Maille de *Sorites*	Forme simple discoïde	*Orbiculina* nov. form.
4	Forme complexe	*Orbiculina* type *adunca*

NUMMULITES

Les résultats obtenus dans l'étude des Orbitoïdés et des Orbitolitidés m'ont encouragé à aborder l'étude des Nummulites; mais ici les diffi-

cultés sont beaucoup plus grandes parce que ce sont des fossiles dont tout le monde parle et a parlé. En remontant aux sources je me suis vite aperçu que beaucoup des noms spécifiques communément employés, établis sur la forme des cloisons et de la spirale équatoriale n'avaient qu'une valeur très secondaire, ces caractères variant beaucoup dans les espèces d'un même niveau ; presque toujours les formes à spire lâche, à spire moyenne et à spire serrée ont reçu trois noms spécifiques, tandis qu'ils ne représentent probablement que des variétés. Par contre, on n'a peut-être pas suffisamment attaché d'importance à la forme des lignes d'accroissement ou filets et au réseau secondaire intercalé, qui donne naissance aux granules. Nous avons donné à ce point de vue des figures grossies de deux échantillons du *N. lævigatus* (nº 100) le premier du bassin de Paris, le second des environs de Bayonne, qui montrent bien les détails de cette organisation, encore peu connue. J'ai eu occasion de reconnaître plus tard que le réseau secondaire avait déjà été indiqué sur une figure donnée par Carpenter; par contre je n'ai pu retrouver sur aucune des nombreuses coupes minces que j'ai examinées les canaux compliqués cités par tous les auteurs (probablement d'après Carpenter) chez les Nummulites et qui avaient été considérés comme caractéristiques de ce groupe d'animaux.

Nous avons bien trouvé des sortes de canaux dans un petit nombre d'échantillons, mais ils ne sont que *pseudo-réguliers* et ont été creusés par un organisme analogue à celui qui a été signalé par M. Schlumberger dans les Orbitoïdés (*Orbitophages*) ; cet organisme tenait à se maintenir dans l'épaisseur des cloisons et comme celles-ci sont très minces les canaux paraissent suivre exactement la direction régulière des cloisons. Mais dans le détail il est facile d'observer de nombreuses irrégularités et très souvent ces pseudo-canaux zigzaguent d'une paroi à l'autre ; je ne doute pas que ces sortes de galeries n'aient été creusées par des organismes perforants. Toutefois on rencontre quelquefois des indications de l'existence de deux canaux simples non ramifiés creusés dans la carène. En réalité dans les Nummulites c'est seulement la grande lame spirale qui forme le toit des loges qui est perforée, les filets de premier ordre qui séparent les loges et ceux de second ordre sont imperforés et c'est ce qui explique la nécessité d'une ouverture pour mettre les loges successives en communication les unes avec les autres. Jusqu'à présent c'est seulement dans les Operculines qu'on a constaté l'existence d'un système de canaux réguliers dans l'épaisseur des cloisons.

Le nombre des espèces semble ainsi avoir été multiplié outre mesure, par suite de la confusion que les auteurs nous paraissent avoir faite souvent entre l'espèce et la variété ; les différences que l'on observe principalement pour les formes B (à microsphère), dans l'enroulement de la spirale équatoriale, qui peut être serrée, moyennement large ou très large, se rencontrent à presque tous les niveaux, et il nous semble difficile d'y voir un caractère spécifique.

Les caractères principaux paraissent devoir être tirés de la forme des filets, de la présence et de la disposition des granules, de leur persistance ou de leur disparition dans l'adulte, enfin de la grandeur moyenne des échantillons. En somme la présence des granules est un caractère de premier ordre qui avait frappé depuis longtemps les géologues et on sait que dans les échelles de Nummulites proposées par de Hantken et de la Harpe, les niveaux sont précisément caractérisés, les uns par des formes radiées, les autres par des formes réticulées, d'autres encore par des granuleuses. Les observations que nous avons faites tendent à diminuer la distance qui séparait ces trois groupes puisque nous avons fait voir que les granules étaient en relation avec le réseau de second ordre ; nous avions aussi constaté comme l'a indiqué M. Haug, l'existence d'un réseau de second ordre sur certaines radiées (*N. contortus-striatus*) et nous voyons dans la classification de M. Prever les anciennes radiées typiques figurer dans le groupe des subréticulées. Malgré cela les caractères tirés des filets sont relativement faciles à appliquer et permettent de distinguer un grand nombre de niveaux dans le terrain nummulitique, comme nous le verrons plus loin.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE

Je range dans ce chapitre la théorie de la **Mésogée** sur laquelle j'ai déjà dit quelques mots précédemment.

Cette mer chaude, dérivée de la Thétys de Neumayr, où ont vécu à l'époque crétacée les *Rudistes*, les *Coraux*, les *Orbitolines* et les *Orbitoïdes*; à l'époque tertiaire les *Orbitoïdes*, les *Nummulites* et les *Orbitolites*, est représentée de nos jours par la zone tropicale où se développent les *récifs* de *Coraux* et les *Orbitolites* proprement dits. Mais tandis que dans les époques crétacée et tertiaire, la Mésogée formait une fosse transversale continue isolant complètement l'Amérique du Nord de l'Amérique du Sud, l'Eurasie de l'Afrique et de la Lémurie, de nos jours elle a été divisée en 3 tronçons par l'isthme de Panama et l'isthme de Suez ; et ces barrières correspondent précisément à deux des accidents Nord Sud les plus récents, la ligne de dislocation des Andes et celle de la mer Rouge, lignes de dislocation d'une direction générale Nord Sud, distantes l'une de l'autre de 120° et toutes les deux à 120° de la ligne volcanique du rivage occidental du Pacifique.

La faune de la Mésogée a des caractères spéciaux et dont on peut déjà entrevoir les plus importants : en outre des Rudistes et des Foraminifères que nous venons de citer, elle renferme des Mollusques particuliers, certains genres d'Ammonites, certains types d'Echinodermes ; on peut suivre à chaque époque géologique l'invasion de ces formes chaudes qui, dans nos contrées, arrivent du Sud-Ouest et tantôt refoulent vers le Nord les formes autochtones, tantôt reculent devant les formes boréales. Etudiées à ce point de vue, les variations des faunes ne sont plus réduites à de simples énumérations de fossiles, on voit revivre tous ces anciens animaux, on assiste à leurs succès et à leurs défaites ; la Paléontologie ne peut plus être représentée par la vieille femme décrépite que les peintres ont figurée dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, elle personnifie la vie

elle-même et ses luttes, toujours active, toujours en travail de transformation, et si celle-ci paraît s'éclipser quelquefois, elle se relève toujours plus vigoureuse et plus forte.

Ces éclipses, ce sont ces périodes de froid dont nous avons parlé précédemment pendant lesquelles la faune mésogéenne est refoulée dans les grands réservoirs des Océans; plus tard on la voit reparaître, mais plus ou moins profondément modifiée et certains types manquent à l'appel parce qu'ils ont disparu pour toujours.

Si la Mésogée peut être considérée comme une source inépuisable de la vie marine, elle a aussi joué un rôle indirect dans le développement des faunes terrestres. Elle a si longtemps isolé les continents austraux des continents boréaux que leurs faunes ont dû se développer d'une manière indépendante; c'est là qu'on doit chercher l'explication des faunes si spéciales que l'on rencontre dans la Lémurie et dans les Pampas de l'Amérique du Sud. Mais presque toujours quand la communication a été rétablie, les faunes boréales se sont montrées les plus fortes et ont refoulé ou même fait disparaître les faunes australes.

GÉOLOGIE RÉGIONALE

1° Terrain jurassique

L'exécution des cartes géologiques de Boulogne, Bourges et Nancy, m'avait amené à explorer en détail les affleurements du terrain jurassique sur 3 points assez distants du bassin parisien. J'avais étudié particulièrement le jurassique du Berry avec mon camarade et ami le capitaine (aujourd'hui général) Jourdy (n° 16). J'ai complété ensuite cette étude par l'examen des falaises de la Normandie et j'ai pu ainsi donner une vue d'ensemble de la partie moyenne du terrain jurassique dans le bassin de Paris (n° 140). Ce mémoire, qui a paru d'abord dans le Bulletin de la Société Géologique de France, a été réimprimé dans le Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie.

Je concluais en constatant que malgré les différences de faciès, les faunes se succédaient partout dans le même ordre. J'insistais tout particulièrement sur le faciès dit *corallien*, caractérisé par une faune spéciale d'*Echinodermes*, de *Diceras*, de *Nérinées* et je montrais qu'il se présentait à des hauteurs différentes dans la série des couches, mais avec une faune presque toujours la même, ou du moins dont les variations étaient difficiles à établir d'une manière précise. « Il en résulte, ajoutais-je, que la faune dite corallienne correspond plutôt à un faciès particulier qu'à une époque géologique déterminée ». Ces idées sont aujourd'hui admises par tous les géologues et le terrain corallien a été définitivement rayé de la nomenclature ; mais il ne faut pas oublier qu'à l'époque où a paru le mémoire en question une thèse de géologie très consciencieusement faite n'était pas acceptée, parce qu'elle avait adopté précisément cette manière de voir.

Je pourrais ajouter maintenant que ce faciès corallien avec ses *Diceras* représente précisément la première manifestation de la Mésogée : il sera intéressant de rechercher pourquoi à l'origine cette forme caractérisée

par le *Diceras arietinum* est localisée sur le pourtour des Vosges, tandis que plus tard elle redeseend progressivement vers le Sud, vers Valfin et l'Echaillon, à l'époque des *Heterodiceras*, pour atteindre le Dauphiné à l'époque des *Valletia* et à eelle des *Requienia*.

Un peu plus tard j'avais l'oeeasion d'étudier avee mon eollègue et ami M. Rolland, le terrain jurassique au débouehé Nord du détroit poitevin et je retrouvais là un faeiès analogue au faciès corallien, mais se montrant dès le callovien, avec des earaetères un peu différents et se rapproehant davantage de celui des calcaires oolithiques ou suboolithiques du bathonien ; les Rudistes n'avaient pas eneore apparu.

Dans mes diverses études sur le terrain jurassique compris sur la bordure Nord du plateau eentral, depuis le Morvan jusqu'au détroit de Poitiers, j'ai toujours été frappé de la discordanee nette que l'on observait dans toute cette région immédiatement au dessus du Callovien à *Ammonites coronatus* : il y a là eertainement une limite bien caractérisée. Immédiatement après le dépôt de ees eouehes la mer s'est retirée assez brusquement, puis est remontée progressivement sur l'aneien rivage; exeeptionnellement on rencontre au dessus des eouches calloviennes que nous venons de eiter, les marnes à petites ammonites pyriteuses (*Am. Mariæ*) ; presque toujours ee sont les ealeaires argileux ou les oolithes ferrugineuses à *Am. cordatus*, ou même les couches à spongiaires et *Am. canaliculatus*, avec une faune riehe en Ammonites et en Braehiopodes, qui reposent direetement sur les ealeaires à *Amm. coronatus*. Au dessus vient enfin la grande masse des caleaires lithographiques qui débute par le Rauraeien avee *Amm. bimammatus* et *Amm. marantianus*. Il m'a semblé que ce mouvement était assez important pour faire plaeer la limite du Callovien après les eouches à *coronatus* et faire eommeneer l'Oxfordien avee les eouehes à *Amm. athleta*. Je erois encore que eette solution serait la meilleure.

A l'oeeasion de l'exécution de la feuille géologique de Naney, j'ai étudié d'une manière complète le Bathonien et le Callovien inférieur de la région eomprise, entre Toul et Neufehâteau, où j'ai distingué dans eette région, au dessous des argiles oxfordiennes de la Woèwre :

1° Le Callovien inférieur à *Ammonites tumidus*, Waldheimia sublagenalis, Terebratula Sœmanni et Collyrites elliptieus;

2° Le Bathonien supérieur à *Ostrea gibriaca* (Knorri, auet.), Rh.

varians, Ter. intermedia, Zeilleria ornithocephala, avec à la partie inférieure une couche limite d'Oolithe à *Anabacia orbulites*.

3° L'oolithe blanche à *Clypeus Ploti* représente le prolongement des couches bien connues des Ardennes à *Rh. decorata* et passe dans la région de Neufchâteau à un calcaire compact, dont le prolongement dans la Haute-Saône renferme également la *Rh. decorata*: c'est le Bathonien moyen bien caractérisé;

4° Le Bathonien inférieur renferme des calcaires oolithiques rougeâtres avec lits marneux *(Clypeus Ploti, Ostrea acuminata);*

5° Il repose sur les Calcaires à entroques du Bajocien.

Je signalerai également l'étude que j'ai faite de la faune à *Amm. Sowerbyi* des environs de Toulon (n° 48) d'après les fossiles recueillis par M. Zurcher et par le frère Ubald.

Une étude analogue (n° 52), poursuivie sur des fossiles rapportés du Choa par un de mes élèves, M. Aubry, m'a permis de faire voir la grande analogie des faunes jurassiques du Choa avec celles de la France, et les résultats très précis que j'ai obtenus au point de vue de la détermination des niveaux dès 1886, n'ont pas été dépassés, même à la suite des récoltes de fossiles qui ont été faites lors des expéditions militaires italiennes.

J'ai eu également l'occasion d'examiner (n° 152) des fossiles jurassiques recueillis en Perse par M. de Morgan; ici encore le faciès a les plus grandes analogies avec celui de nos couches d'Europe, les *Grammoceras* du Lias supérieur, les *Ludwigia* du Bajocien, les *Ochetoceras* de l'Oxfordien supérieur rappellent tout à fait nos fossiles du bassin parisien, tandis que certains *Perisphinctes* reproduisent les formes de la zone à *Opp. tenuilobata*. Ces grandes analogies avec les faciès occidentaux sont bien d'accord avec ce que l'on connaissait de la faune jurassique de l'Anti Liban qui rappelait aussi d'une manière frappante les faunes de Normandie.

Plus au sud, à Madagascar (n°s 127, 142, 151), j'ai pu également, grâce aux récoltes de M. Vuillaume, reconnaître le Lias supérieur avec des Ammonites analogues à nos formes européennes. Mêmes analogies pour le Bathonien-Bajocien avec l'Abyssinie, l'Inde et l'Europe; elles se poursuivent dans le Callovien avec ses *Amm. macrocephalus* et *calloviensis*, dans l'Oxfordien avec ses fossiles pyriteux appartenant au groupe des *Hectico-*

ceras, et avec ses oolites ferrugineuses à *Perisphinctes Martelli*. Quant au Jurassique supérieur il a plutôt des affinités avec les couches de l'Europe orientale.

Le faciès corallien n'a été encore retrouvé ni en Perse ni à Madagascar ; toutefois la présence du genre *Acrocidaris* dans le Jurassique supérieur d'Abyssinie, semble indiquer tout au moins son voisinage.

2° Terrain crétacé

Si mes travaux sur cette période sont exclusivement paléontologiques, ils n'en ont pas moins eu des conséquences importantes au point de vue stratigraphique. Ainsi mes travaux sur les **Rudistes** m'ont permis d'indiquer des caractères précis pour un grand nombre de niveaux et de déterminer à distance l'âge des couches où on les rencontre.

J'indiquerai comme exemple que j'ai pu préciser tout autrement que ne l'avait fait le géologue américain Hill l'âge des couches à Rudistes du Texas et montrer que le niveau principal à *Præradiolites Davidsoni*, appartenait à l'Albien ; cette détermination a été confirmée plus tard par l'indication d'Ammonites aptiennes que M. Kilian a signalées dans des couches situées un peu au dessous. J'ai reconnu de même que les couches à Rudistes du Mexique appartenaient aussi à ce niveau.

La faune des couches à *Polyconites Verneuili*, des Pyrénées, avec ses *Horiopleura* et ses *Toucasia* si spéciales, et ses premiers *Radiolites* (n° 67) a beaucoup d'affinités avec les précédentes, mais les géologues ne sont pas encore tout à fait d'accord sur son niveau, les uns la plaçant à la partie supérieure de l'Aptien, les autres dans l'Albien.

Les couches à *Polyconites sub-Verneuili* du Portugal, viennent se placer dans l'Albien supérieur ou peut-être même un peu plus haut (n° 117). La *Caprina Choffati* que l'on y rencontre est moins évoluée, plus archaïque que la *Caprina adversa* du Cénomanien supérieur, mais on y rencontre encore le *Radiolites cantabricus*, la *Toucasia santanderensis* des couches des Pyrénées ; la présence de l'*Horiopleura Lamberti* est douteuse.

La faune de Rudistes du Cénomanien inférieur reste encore inconnue, à moins qu'il ne faille lui attribuer la faune précédente, ce qui est encore possible puisqu'elle est seulement recouverte par les couches à *Turrilites costatus*.

Celle du Cénomanien supérieur est par contre très répandue, mais ses earaetères sont moins tranehés qu'on ne le eroyait : les *Caprines* avaient apparu un peu plus tôt, les *Caprinules* se montrent au moins dès l'Albien et M. Paquier a montré qu'il en existe des précurseurs dès l'Aptien ; quant aux *Caprotines*, certaines formes remontent également à ee dernier niveau.

Les earaetères distinetifs sont done en réalité donnés par des espèees et non par des genres.

Les **Orbitolines** ont joué aussi un rôle important dans les eouehes du Crétaeé inférieur, elles apparaissent dans le Barrêmien supérieur (d'après M. Paquier), mais sont seulement représentées alors par de petites espèces (*O. conoidea*) ; il en est de même dans l'Aptien (*O. conoidea, O. discoidea, O. lenticularis*).

Dans l'Albien inférieur les formes sont plus grandes, plus épaisses et deviennent quelquefois remarquablement eoniques (*O. subconcava*, Leymerie).

Dans le Gault supérieur (Vraconien) et dans le Cénomanien inférieur les orbitolines (*O. aperta*) atteignent une taille considérable jusqu'à 57 millimètres de diamètre et les éehantillons sont très minees et souvent à bords ondulés.

Dans le Cénomanien de Fouras, l'*O. plana* est diffieile à distinguer de la préeédente, elle est eependant plus petite, et souvent plus ou moins convexe, mais toujours très minee, elle est associée à *O. conica* toujours petite et qui paraît être la forme jeune de *O. mamillata*.

Enfin l'*O. concava* du Cénomanien supérieur de la Sarthe est plus petite et plus régulière de forme ; elle paraît oecuper un niveau un peu plus élevé.

Dans le Turonien ee sont les *Radiolites* et les *Hippurites* qui prennent une importanee prédominante : les deux branehes des *Præradiolites* et des *Sauvagesia* donnent naissanee aux formes plus évoluées des *Radiolites* et des *Biradiolites* et les espèces de ees divers groupes auxquels viennent s'ajouter les *Sphærulites*, les *Bournonia* et les *Lapeirousia* donnent de bons earaetères stratigraphiques ; e'est ainsi que j'ai pu attribuer avee une très grande probabilité les eouehes à Rudistes du pays des Baktyaris (Perse) au Turonien supérieur, quelques espèces indiquant peut-être en outre la base du Santonien (nº 152).

Les Hippurites sont également très développées dans le Turonien supérieur où toutes les têtes de groupes sont représentées, *Grossouvrei, resectus, Vasseuri, Rousseli, petrocoriensis* et *inferus*. Le Coniacien (*giganteus, Moulinsi, resectus* et *Requieni*) pénètre encore dans tous les bassins français, mais presqu'immédiatement après, la mer se retire au sud, abandonne le moyen bassin du Rhône et le Gard, tout en continuant à se développer largement en Provence (*galloprovincialis, dentatus, latus, canaliculatus, socialis, Toucasi*, etc.) ; ce sont les couches bien connues du Beausset, après le dépôt desquelles la mer recule de nouveau par le détroit ouvert entre les Corbières et les Pyrénées et abandonne définitivement le bassin provençal.

A l'ouest des Corbières, à Rennes-les-Bains, le Crétacé marin paraît remonter un peu plus haut, jusqu'aux premières assises du Campanien ; mais plus loin dans le département de l'Ariège le Campanien est largement réprésenté, et il nous a été possible d'établir nettement pour la première fois que la faune de Benaïx-Leychert était, d'après le degré d'évolution de ses fossiles et par comparaison avec les faunes de la Catalogne, plus récente que celle de Rennes-les-Bains.

La mer continue toujours à reculer vers l'ouest : dans les petites Pyrénées de la Haute-Garonne nous voyons apparaître avec les Rudistes du Dordonien les couches à Orbitoïdes ; c'est plus à l'ouest encore que se montre le Danien avec ses Nautiles du genre *Hercoglossa*.

Grâce aux caractères très précis que nous avons pu mettre en évidence dans les Hippurites, on voit qu'il nous a été possible de montrer nettement les relations d'âge des différentes couches du Crétacé de la Provence et de la région pyrénéenne ; nous avons pu faire voir ainsi que le Campanien marin n'existe pas en Provence et que, en se dirigeant vers l'ouest depuis la vallée du Rhône jusque dans les Basses-Pyrénées on rencontre des couches de plus en plus récentes.

Pendant que se produisait ce mouvement de recul de la mer sur le versant Nord des Pyrénées, le versant Sud se comportait d'une manière un peu différente, comme nous l'a montré l'étude des Hippurites recueillis par notre collègue de Barcelone M. Vidal (nº 101) ; pendant le Crétacé supérieur la Catalogne constituait un golfe prolongeant vers l'Est le golfe de Gascogne ; on constate qu'il s'est enfoncé peu à peu pendant toute cette période, de sorte que les formations crétacées les plus récentes débordent sur les plus anciennes et se terminent par les couches saumâtres du

Garumnien qui atteignent presque la Méditerranée à la frontière française sur le versant espagnol, tandis que sur le versant français les dépôts saumâtres ou d'eau douce qui se sont formés à la suite du retrait de la mer sont d'âge de plus en plus récent à mesure qu'on se dirige vers l'Ouest.

Pendant que la mer abandonnait la Provence proprement dite, elle continuait à occuper la région de Nice et la fosse préalpine, mais c'est là un bassin tout à fait différent et qui restait en relation avec l'Atlantique par la fosse thyrrénienne, la Méditerranée et l'Andalousie.

Dans la craie la plus élevée, Campanien supérieur ou Dordonien, ce sont les **Orbitoïdes** qui jouent le rôle le plus important. Nous avons fait voir que les premières couches où apparaît à Royan l'*Orbitoïdes media* paraissent plus anciennes que celles de Maestricht, dont la faune se retrouve un peu au Sud de Royan, à Maurens. Ici encore en nous dirigeant au Sud vers le centre de dépression du bassin, il semble que l'on rencontre des couches de plus en plus récentes ; c'est d'abord la craie de Villagrains et de Landiras avec ses Foraminifères si singuliers (*Fallotia Jacquoti*) que l'on retrouve plus au Sud dans la craie du Gers associés à des *Omphalocyclus*.

Dans la région de Saint-Sever et des petites Pyrénées de la Haute-Garonne, ce sont des Orbitoïdes d'un nouveau groupe (*O. gensacica*) qui accompagnent ce dernier genre et qui paraissent encore plus récents. Enfin tout en haut on voit reparaître dans la Haute-Garonne des formes d'Orbitoïdes rappelant celles de Maestricht ; c'est un point qui n'est pas encore complètement éclairci. Ce n'est qu'au-dessus des couches à Orbitoïdes et plus au Sud que vient affleurer le Danien dans le synclinal de l'Adour.

J'ai eu occasion d'indiquer la grande extension des couches à *Orbitoides gensacica* jusqu'en Sicile et en Transylvanie. Les couches à *Omphalocyclus* s'étendent encore plus loin et paraissent accompagner les Hippurites : M. Redlich a recueilli ce fossile en Transylvanie dans les couches à Orbitoïdes et à *Hipp. Lapeirousei* ; M. de Morgan l'a également rapporté de Perse (Louristan) et dans la même localité il a recueilli l'*Hipp. cornucopiæ*. Enfin M. Noetling le signale dans le Béloutchistan, associé encore avec des Orbitoïdes et des Radiolites. Quant aux Hippurites, ils ne paraissent pas s'être avancés aussi loin vers l'Est ; on les signale toutefois dans le Turkestan (nº 163).

3° Terrain tertiaire

Mes études sur ce terrain correspondent à deux périodes bien distinctes, une première pendant laquelle j'ai exécuté les cartes géologiques du sud du bassin de Paris, Orléans, Gien, Bourges et Blois ; une seconde toute récente pendant laquelle j'ai été amené d'abord à reconnaître le tertiaire de Royan, et ensuite à étudier les faunes à *Nummulites* et Orbitoïdes (*Orthophragmina* et *Lepidocyclina*) du bassin de Bordeaux ; enfin j'ai pu les comparer à celles du bord des Alpes, dans le Niçois et en Suisse. Ces deux périodes ont, malgré leur éloignement, un lieu commun ; dans l'une et dans l'autre je me suis préoccupé de rechercher les traces des mouvements du sol qui ont donné naissance aux Pyrénées.

Première période. — Elle commence avec ma première note publiée en 1871 (n° 8), dans laquelle j'ai étudié l'âge du *calcaire de Château-Landon*; par sa position entre les marnes vertes et les couches marines de la base des Sables de Fontainebleau, cette assise vient se placer sur l'horizon du Calcaire de Brie.

On sait que les buttes de *Sables* de la forêt *de Fontainebleau* présentent de curieux alignements qui avaient été attribués à l'action de courants diluviens énergiques. J'ai pu constater au contraire (n° 55) que ces alignements résultaient d'une disposition singulière que présentaient les grès qui font partie de cette formation : ceux-ci constituent un banc irrégulier atteignant jusqu'à 4 mètres d'épaisseur et placé à la partie supérieure de la formation des sables, mais toujours recouvert encore par une faible épaisseur de sable meuble. Ce banc n'est pas continu, mais il forme une série de bandes assez régulières et présentant précisément l'orientation des alignements des buttes de sable auxquels je viens de faire allusion ; de telle sorte que ces alignements proviennent en réalité non pas de la violence des courants d'érosion, mais de la plus ou moins grande résistance des couches ; les courants devaient du reste être très peu énergiques, car dans les points où l'érosion a démantelé les bandes de grès, ceux-ci n'ont pas été transportés, ils se sont simplement éboulés sur les pentes où leurs gros blocs anguleux forment de pittoresques entassements.

Il est difficile de dire comment se sont formées ces bandes de grès ; tout ce qu'il m'a été possible de constater, c'est qu'elles correspondent à des

parties saillantes de la surface supérieure des sables ; ces saillies ne peuvent pas être attribuées à des érosions antérieures au calcaire de Beauce, puisque les grès sont normalement recouverts d'une couche de sable meuble ; elles doivent être considérées comme contemporaines de la fin du dépôt même des sables dont la surface a pu être remaniée par la mer au moment où celle-ci s'est retirée.



Fig. 165. — Vue d'une carrière de grès de Fontainebleau, au Cuvier de Châtillon, montrant l'inclinaison de la partie supérieure des sables (S) et des grès (G) par rapport aux couches horizontales du calcaire de Beauce (n° 55).

Le mode de formation des grès reste toujours énigmatique. D'abord ils ne sont pas calcaires comme on les voyait généralement et comme je l'avais cru également, les célèbres cristaux de grès de Fontainebleau n'étant qu'un accident tout à fait localisé ; le ciment des grès est au contraire quartzeux comme l'a très bien fait voir M. l'ingénieur des Mines Janet. Mais la localisation de ces grès à la partie supérieure des rides saillantes n'en est pas moins bien difficile à expliquer.

Un peu au Sud de la région occupée par les sables et grès de Fontainebleau, j'ai exploré les calcaires de Beauce qui affleurent largement dans la partie occidentale du Gâtinais ; j'y ai reconnu l'existence d'un niveau argilo-sableux venant s'intercaler au milieu des calcaires et que j'ai appelé *molasse du Gâtinais* (n° 19).

Dans la vallée de la Loire l'étude du terrain tertiaire est assez difficile : il présente des alternances d'assises argilo-sableuses et calcaires, qu'il n'est pas toujours facile de distinguer les unes des autres et dont les relations n'avaient pas encore été bien nettement établies.

Après avoir parcouru toute la région pas à pas, j'ai pu reconnaître la succession suivante (nos 28, 30) : à la base, et ravinant le calcaire de Beauce, une couche de sables fluviatiles, toujours plus ou moins calcaires et riches en ossements de Vertébrés, les *Sables de l'Orléanais*, surmontés par une couche de marnes plus ou moins argileuses, les *Marnes de l'Orléanais*; cet horizon est très régulier comme niveau et il m'est impossible d'admettre qu'il représente le résultat de la décalcification des couches supérieures, d'autant plus qu'il passe par endroits à des marnes noduleuses avec fossiles d'eau douce et même à de vrais calcaires (Chevenelles); c'est à ce niveau que nous avons placé le célèbre calcaire de Montabuzard (no 42) dont la faune a beaucoup d'affinités avec celle des Sables de l'Orléanais, tandis qu'elle est tout à fait différente de celle du calcaire de Beauce.

Cet ensemble de couches se termine par les argiles sableuses de la Sologne d'une grande épaisseur et dans lesquels le calcaire fait défaut. Si les couches superficielles ont été souvent modifiées, lavées et transformées en sables plus ou moins perméables, à une faible profondeur les couches sont toujours imperméables et inaltérées, et cette imperméabilité même a suffi pour préserver de toute modification les couches plus profondes. Nous croyons donc que les Sables de la Sologne ont été déposés dans l'état où ils sont encore aujourd'hui. Ils sont toujours dépourvus de fossiles, et régulièrement superposées aux Marnes de l'Orléanais.

C'est après le dépôt de ces couches que la mer des Faluns a fait irruption dans la vallée de la Loire, où elle s'est avancée depuis l'Océan jusqu'au delà de Pontlevoy. Ce mouvement d'invasion paraît avoir été rapide et on trouve à la base du dépôt un banc de cailloux roulés avec fossiles littoraux (*Gryphea crassissima*) également roulés. La mer ne paraît pas avoir dépassé 20 à 30 mètres de profondeur, elle a remanié les dépôts sableux préexistants qu'elle a rencontrés, c'est ainsi qu'on y recueille à l'état plus ou moins roulé les ossements fossiles des Sables de l'Orléanais ; puis ce fiord profond s'est ensablé et la mer s'est retirée assez lentement laissant comme dernier dépôt, des argiles vertes avec bancs de *Gryphea crassissima*, qui n'ont qu'exceptionnellement échappé aux dénudations ; au

dessus on observe encore quelquefois des limons à *Helix turonensis.*

Sur le rivage Sud de la mer des faluns on retrouve le calcaire de Beauce, fossilifère près de Selles-sur-Cher, et les argiles à silex. Mais un peu plus au sud-est dans le Berry, les dépôts sidérolithiques et les calcaires lacustres qui les accompagnent m'ont paru d'âge éocène, comme l'indiquent du reste les fossiles signalés par Terquem près de Vicq-Exemplet. J'ai été ainsi conduit à les rapprocher des calcaires de Château-Landon, comme l'avait déjà fait de Fourcy, et par suite à les placer sur le niveau des calcaires de Brie. La différence marquée qui existe entre ces calcaires et les calcaires aquitaniens de la Limagne qui arrivent tout près de ceux-ci dans les environs de Saincaise, vient encore confirmer cette manière de voir.

Les mouvements qui ont affecté les calcaires du Berry paraissent être contemporains de ceux qui ont amené dans le bassin de Paris l'invasion de la mer des Sables de Fontainebleau et il nous a semblé que c'était là seulement qu'il était possible de trouver une répercussion des grands mouvements qui ont amené la formation des Pyrénées et le premier soulèvement des Alpes.

Cette question de l'âge du soulèvement des Pyrénées m'avait toujours préoccupé, d'autant plus que les géologues ne s'accordent pas à son sujet, et même après les nombreux travaux dont le bassin tertiaire sous-pyrénéen a été l'objet, on ne peut pas dire qu'elle soit complètement élucidée. Aussi c'est avec un vif intérêt que j'ai abordé l'étude de ce bassin : vers 1874 j'avais eu occasion d'étudier les calcaires lacustres des environs de Beaumont et les dépôts sidérolithiques du Périgord qui présentent tant d'analogies avec les calcaires et les minerais de fer du Berry ; mais dans cette région les couches sont peu inclinées et les discordances difficiles à constater.

Plus récemment j'ai retrouvé aux environs de Royan le commencement des formations marines de l'éocène inférieur et de l'éocène moyen ; mais ici encore il est peu probable que l'on puisse constater des discordances sensibles. C'est plus au Sud, au pied même des Pyrénées, que le problème pourra être résolu. Pour y arriver il faut d'abord pouvoir déterminer avec précision l'âge des différentes assises. C'est ce que j'ai essayé de faire en combinant l'examen des Nummulites avec celui des Orbitoïdes, et en reprenant l'examen des travaux dont cette région avait été l'objet ; j'avais à ma disposition comme moyen de contrôle de nombreuses séries

d'échantillons envoyés par des correspondants locaux. J'ai pu ainsi préciser les divers termes de la coupe bien connue de Biarritz et faire voir qu'elle ne descendait pas au dessous de la partie moyenne de l'Éocène moyen, tandis que la partie inférieure apparaissait un peu plus à l'Est et un peu plus loin de la chaîne, à Saint-Barthélemy, dans la dépression de l'Adour. Au point de vue de l'âge du soulèvement de la chaîne, c'était surtout la partie supérieure de la coupe qui avait de l'intérêt; elle est représentée par les couches du Phare et de la Chambre d'Amour, caractérisées par 3 couples de Nummulites (*intermedius*, *vascus*, *Boucheri*) et par l'absence d'Orbitoïdes ; elles reposent sur les couches de la côte des Basques qui, elles, au contraire, sont extrêmement riches en Orbitoïdes (*Orth. radians*, *Fortisi*, *sella*) ; du reste toute la coupe est continue et ce n'est qu'après le dépôt de la partie supérieure qu'un mouvement quelconque a pu se produire. Or, si on se déplace vers l'Est, jusqu'à Peyrehorade, on retrouve à la base les mêmes couches qu'à Biarritz, jusqu'aux assises à *Orth. radians*, mais au-dessus apparaissent les couches bien connues de Gaas. Il nous a paru *qu'il y avait également continuité dans cette coupe*, de telle sorte que les *couches de Gaas ne seraient qu'un faciès latéral des couches supérieures de Biarritz*, les premières correspondraient à un faciès cotier, tandis que celles-ci se seraient déposées à une profondeur plus grande. Cette manière de voir n'est du reste pas nouvelle, mais nous croyons l'avoir appuyée d'arguments nouveaux, stratigraphiques et paléontologiques : parmi ces derniers un des plus importants est l'identité des Nummulites dans les deux séries de couches; il est bien certain que les Nummulites sont d'excellents fossiles, dont l'évolution a été rapide, et dans ces conditions il est bien difficile d'admettre que des faunes de Nummulites identiques soient d'âge différent. Quoi qu'il en soit, il serait encore nécessaire de s'assurer de visu et par une étude minutieuse sur le terrain qu'il y a bien continuité de dépôt entre les couches à *Orthophragmina* de Peyrehorade et les couches de Gaas (nº 155).

En tout cas, il existe dans cette région une *discordance bien nette*, et elle vient se placer entre les couches à *Orthophragmina* et les couches à *Lepidocyclina* de Peyrère, prolongement des couches de Saint-Géours ; ces dernières ont été considérées comme aquitaniennes, mais elles pourraient aussi bien être plus anciennes : on sait que M. Fallot a signalé dans cette localité la présence de certains fossiles qui se trouvent dans les couches supérieures de Biarritz et dans le tongrien

du Bordelais, tandis qu'à Peyrère on retrouve une mutation du *Diastoma costellatum* identique à celle du Tongrien de Rennes.

On voit donc que si la question n'est pas encore complètement résolue, elle se trouve tout au moins posée avec une grande netteté : il existe dans le bassin sous-pyrénéen une discordance certaine entre les couches supérieures de Biarritz et les couches de Saint-Géours à *Lepidocyclina*, c'est là seulement où peut venir se placer le grand mouvement des Pyrénées ; reste à déterminer l'âge exact des couches de Saint-Géours. Une étude détaillée de la région pourrait montrer en outre si ce grand mouvement a été brusque, ou s'il a été accompagné de mouvements plus petits, et quelle a été la nature exacte de ces mouvements secondaires — toutes questions qui paraissent d'un intérêt capital non seulement pour les Pyrénées, mais encore pour la géologie générale, et qui nous permettraient de pénétrer un peu dans le mécanisme des grands mouvements de l'écorce terrestre.

J'ai pu étudier personnellement (nos 132 et 169) la composition de l'Éocène dans la région des Alpes près d'Interlaken ; elle est très analogue à celle de Biarritz, et ne commence de même qu'avec la partie moyenne de l'Éocène moyen, mais c'est surtout les couches un peu plus élevées avec grandes *Nummulites* (*Dufrenoyi*) et grands *Orthophragmina* (*discus*) qui sont bien nettement caractérisés à la base de la formation. On distingue au dessus le Bartonien avec ses petites Nummulites, puis le Priabonien avec ses lumachelles d'*Orthophragmina* minces, lisses ou radiées. Au dessus le flysch helvétien ou flysch argileux à Globigérines, représente l'équivalent des couches de Biarritz supérieures. L'assimilation peut se faire tout aussi facilement avec le Nummulitique de Nice, et ces divers rapprochements permettent d'établir sur des bases pratiques et relativement faciles à appliquer, la succession des divers niveaux de Nummulites et d'Orbitoïdes :

7e niveau. — *N. intermedius*, *vascus*, *Bouillei*, pas d'*Orthophragmina*, ce niveau est Sannoisien et remonte peut-être jusqu'au Stampien (?)

6e niveau. — *N. contortus-striatus*, lumachelles d'*Orthophragmina* minces, lisses ou radiées ; plus de Nummulites granuleuses ; Priabonien.

5e niveau. — *N. contortus-striatus*, *N. variolarius* et *N. Lucasi* (dernières granuleuses), *Orthophragmina* ; Bartonien.

4[e] niveau. — *N. Dufrenoyi*, *N. aturicus*, formes finement granuleuses, devenant quelquefois lisses dans l'adulte et atteignant une grande taille, *Assilina planospira ; Orthophragmina* épaisses, apparition des Orbitoïdes radiées ; Lutécien supérieur.

3[e] niveau. — *N. spissus*, grosses Nummulites granuleuses ; Lutécien moyen.

2[e] niveau. — *N. lævigatus* et *N. scaber*, apparition des Nummulites granuleuses, *N. distans* et formes du même groupe, *Assilina spira* et *granulosa ; Orthophragmina* épaisses (*Archiaci*) ; Lutécien inférieur.

1[er] niveau. — *N. planulatus-elegans*, pas d'*Orthophragmina*, ni d'*Assilina*, au moins jusqu'à présent ; Yprésien.

Il ne faudrait du reste pas prendre à la lettre cette distribution des Nummulites, ni lui attribuer un caractère absolu, il y a probablement passage progressif d'une faune à la faune suivante, et tous les caractères peuvent ne pas apparaître à la fois : ainsi dans le niveau inférieur de Bos d'Arros, le groupe des *N. distans* est largement représenté, ainsi que les *Assilina granulosa* et l'*Orth. Archiaci*, mais les Nummulites granuleuses sont absentes on représentées seulement par quelques formes petites et rares : nous l'attribuons cependant avec une très grande probabilité au 2[e] niveau ; il en est de même des couches de Crimée décrites autrefois par Deshayes et dans lesquelles les *Orthophragmina* accompagnent également le groupe du *N. distans*. Les couches du fond du golfe aquitanien des départements de l'Aude et de l'Hérault à *N. atacicus* sont un peu plus douteuses : cette espèce passe au *N. planulatus* dont elle paraît représenter une mutation ; elle serait par suite un peu plus récente, mais on n'y rencontre pas d'*Orthophragmina*, qui apparaissent seulement un peu plus haut dans l'horizon inférieur de Bos d'Arros ; on peut hésiter à placer ces couches de l'Aude soit au sommet du premier niveau, soit à la base du second.

L'échelle des Nummulites et des Orbitoïdés que nous proposons s'inspire bien entendu des travaux déjà un peu anciens de de Hantken et de de la Harpe ; elle en diffère cependant notablement pour les niveaux moyens et supérieurs, et il serait intéressant de revoir à ce point de vue les couches de la Hongrie, surtout en complétant l'étude des Nummulites par celle des Orbitoidés.

Pour le Vicentin mes conclusions diffèrent aussi sur quelques points de celles de Munier-Chalmas ; ainsi pour moi la faune des Orbitoïdes de

Spilecco indique non pas les couches les plus basses de l'Éocène, mais la partie supérieure du Lutécien et c'est ainsi qu'on peut expliquer que les coupes les plus récemment publiées placent les couches de Spilecco peu au-dessous du Priabonien.

4° Terrain de sable granitique et d'argile a silex

Dans nos premières excursions géologiques sur la feuille d'Evreux, avec M. Potier, nous avions été frappés des caractères tout particuliers que présentent certains dépôts de sables granitiques et d'argiles qui, tantôt sont en nappes, tantôt remplissent des fentes ou des poches profondes en relation avec un système de fractures plus ou moins complexes. Des dépôts analogues se retrouvent à diverses hauteurs de la série géologique, en particulier dans l'argile plastique, dans le Sidérolithique et dans le système des sables et argiles de la Sologne. Partout ces dépôts sont accompagnés d'actions de décalcification énergiques, la craie est dissoute et ses silex enrobés dans l'argile des sables granitiques donnent naissance à l'argile à silex.

J'ai suivi ces mêmes dépôts dans tout le plateau central et jusqu'à la limite du bassin de Bordeaux ; partout on observe non seulement des phénomènes de décalcification énergique comme je viens de l'indiquer, mais encore des phénomènes de transport de la silice, et certains fossiles sont transformés en agate avec géodes de quartz au centre des cavités.

Il m'a semblé que l'intensité de ces phénomènes nécessitait l'intervention d'*eaux thermales chaudes*, tandis qu'actuellement la majorité des géologues ne veut voir dans ces dépôts que le résultat de l'action des eaux météoriques sur les couches elles-mêmes. La grandeur des actions observées et leur localisation me paraissent hors de proportion avec cette dernière hypothèse et je persiste dans ma première manière de voir.

Le terrain de sable granitique renferme souvent des dépôts d'argiles pures réfractaires et on rencontre des formations analogues non seulement dans les terrains tertiaires mais encore dans les terrains crétacés et jurassiques ; ils paraissent s'être formés sur les aires continentales pendant toutes les émersions, dans le Boulonnais immédiatement avant l'invasion de la mer bathonienne, sur plusieurs points du bassin de Paris avant les dépôts marins du Crétacé inférieur, puis à la base de l'Éocène, à la base des dépôts lacustres de l'Éocène supérieur (sidérolithique) et enfin avant l'invasion de la mer des Faluns.

TECTONIQUE

Plissement hercynien.

Examinant les conditions de gisement du terrain houiller (nº 10) depuis la Saxe jusque dans le Nord de la France, j'ai fait voir qu'il existait dans toute cette région une discordance marquée entre le terrain houiller inférieur et le terrain houiller supérieur : tandis que le premier succède régulièrement et en stratification concordante au calcaire carbonifère et au Dévonien, le second, au contraire, passe insensiblement au Permien. Il s'est donc produit un grand mouvement de l'écorce terrestre au milieu de la période houillère, produisant une discordance et un déplacement considérable des dépôts, tandis qu'au contraire le commencement et la fin de cette période ne présentent que des dépôts concordants avec ceux qui les ont précédés ou ceux qui les ont suivis. — J'ai fait voir que ces conditions s'appliquaient également à la région des Vosges et aux bassins d'Autun et du Creusot. « On voit donc, disais-je en terminant, « que le phénomène de plissement qui a partagé en deux la période « houillère, a été général dans la région comprise entre les Vosges et la « Saxe. »

J'avais également vu que ce mouvement se prolongeait vers l'ouest et j'annonçais pour une deuxième communication « l'exposé des modifications que ce mouvement a éprouvées dans le reste de la France et en Angleterre ». Cette seconde communication n'a pas été faite. Mais il ne faut pas oublier que le grand plissement que j'avais signalé ainsi dès 1872, est devenu plus tard la *chaîne hercynienne* de M. Marcel Bertrand, type des chaînes anciennes arasées, dans lesquelles il a retrouvé la trace de phénomènes tectoniques tout à fait analogues à ceux que l'on observe dans les Alpes. Il a modifié toutefois ma manière de voir : pour lui, le mouvement n'a été ni brusque ni rapide, mais les actions de plissement se

sont déplacées progressivement et dans la zone plissée la discordance ne s'est pas produite partout au même moment.

Nous avons précisément indiqué plus haut que l'étude des terrains tertiaires dans la région sous-pyrénéenne permettra probablement de s'assurer si réellement les grands plissements se sont effectués brusquement ou progressivement.

Faille de la mer Rouge

Les grands plissements transversaux de l'écorce terrestre qui ont donné naissance aux chaînes de montagne les plus importantes, chaîne hercynienne et chaîne alpine, viennent se combiner avec des accidents ou des failles perpendiculaires qui se rapprochent plus ou moins des méridiens. Un de ces accidents est bien connu, c'est la chaîne volcanique des Andes, peu éloignée du bord oriental du Pacifique, une seconde chaîne volcanique se trouve sur le bord occidental du même océan. En 1886, nous avons indiqué (nº 52) un troisième accident qui peut être comparé aux précédents et qui est jalonné par la faille du Jourdain, la dépression de la mer Morte, la faille de la vallée de l'Arabah, la dépression du golfe d'Akabah et de la Mer Rouge. Elle se continue par la grande faille qui borde le haut plateau abyssin à l'Est et le sépare du bas pays Somali, et qui se relie à la mer Rouge par la curieuse baie d'Annesley. Depuis le Liban jusqu'au Choa cet accident dépasse déjà une longueur de 30° en latitude ; nous avions indiqué son extension possible jusqu'au canal de Mozambique par la dépression qui sépare l'Afrique de Madagascar, ce qui porterait sa longueur à plus de 50 degrés.

M. le professeur Suess a plus tard étudié ce même accident avec beaucoup de détails et a indiqué son prolongement vers le Sud un peu plus à l'Ouest, par un réseau de failles correspondant à la zone des grands lacs.

Vers le Nord il me paraît que cet accident, dont l'âge est très récent, se bifurque à la presqu'île du Sinaï ; la branche de l'Ouest correspondrait au golfe de Suez, serait en relation avec ce que l'on a appelé l'effondrement de la mer Égée, et avec l'ouverture du Bosphore. Il est possible que l'homme ait été témoin de ce dernier phénomène tectonique qui serait ainsi l'origine des traditions relatives au déluge de Deuca-

lion. Mais ici encore cette grande ligne de fracture à laquelle il faudrait peut-être rattacher l'Oural, peut avoir joué plusieurs fois. Il est assez curieux de remarquer que la ligne des Andes, la ligne volcanique du Japon et la faille de la mer Rouge sont à peu près équidistantes; on pourrait les rapprocher des arêtes d'un tétraèdre, tandis que les plissements transverses de l'hémisphère boréal seraient plus ou moins en relation avec la base du même tétraèdre.

Plissements alpins

La chaîne alpine est d'une nature particulièrement complexe et les plissements paraissent s'y être produits à deux époques différentes : à l'époque de la craie supérieure la chaîne n'existait pas encore et la mer où vivaient les Bélemnites passait librement jusqu'au lac de Come; un premier grand mouvement a eu lieu vers le milieu de l'Oligocène, probablement contemporain du soulèvement des Pyrénées. C'est à ce moment que la chaîne s'est formée avec sa structure essentielle et ses grandes nappes de charriage. Immédiatement après, la mer de la molasse est venue baigner son bord septentrional; un second mouvement s'est produit ensuite après le dépôt des couches miocènes, moins important sans doute que le premier, mais encore suffisant pour plisser la molasse et la refouler par places sous les formations plus anciennes; ce second mouvement ne paraît pas avoir affecté la région pyrénéenne.

A plusieurs reprises j'ai exploré, avec mon fils Robert, les curieuses chaînes qui s'étendent au Nord des grands sommets des Alpes bernoises, jusqu'au-delà du lac de Thun, afin d'y rechercher la trace de ces mouvements complexes. J'ai d'abord étudié en détail les terrains tertiaires et crétacés dont le dépôt s'est effectué avant la constitution de la chaîne.

Les terrains crétacés présentent une composition assez constante; toutefois au sud d'Interlaken on rencontre un grand développement de calcaires en dalles attribués au Berriasien, tandis qu'au nord du lac de Thun c'est le Valanginien avec ses Ammonites pyriteuses qui affleure dans la Justisthal. A la partie supérieure, les calcaires à Réquiénies et Agria, probablement aptiens, prennent un développement considérable et au dessus on voit affleurer des couches à phosphates albiens, puis des calcaires glauconieux à Bélemnites (*Pseudobelus*?) qui représentent vraisemblablement le

Cénomanien, et enfin des calcaires à Inocérames et à *Lagena*, probablement équivalents de toute la craie supérieure : leur texture rappelle celle de certains calcaires turoniens du bassin de Paris, et Agassiz y a signalé la présence de *Micraster* et d'*Echinocorys*.

L'Éocène débute toujours par des calcaires glauconieux qui ravinent le terrain crétacé et sont caractérisés par des Nummulites de grande taille, les unes plates (*N. Dufrenoyi*), les autres globuleuses (*N. spissus*) et par de grands *Orthophragmina* (*O. discus*); ces couches représentent le Lutécien moyen et le Lutécien supérieur. Mais au dessus, suivant les points, la coupe est différente, tantôt le Flysch (Wildflysch) commence immédiatement avec ses conglomérats granitiques, ses marnes à Fucoïdes (*Chondrites*) et ses grès à *Helminthopsis*, c'est le cas par exemple pour le côté Est du ravin d'Habkern, et pour le Sud du lac de Thun, près de Leissigen. D'autres fois, au contraire, comme au Nord du lac de Thun, dans le massif de Saint-Béatenberg, on voit apparaître au dessus des couches à grandes Nummulites un puissant massif de grès à petites Nummulites (Bartonien), puis des marnes schisteuses remplies d'*Orthophragmina* minces, lisses ou radiées (Priabonien) et enfin des marnes schisteuses remplies de Globigérines qu'on a désignées également sous le nom de Flysch, mais qui sont bien différentes du Wildflysch d'Habkern : ce sont les Leimernschichten.

Or, le premier faciès se rencontre dans le massif du Morgenberghorn et du Harder, où les couches sont renversées et où se développe également le Berriasien, tandis que le second caractérise le massif du Béatenberg, où les couches sont en stratification normale et où en outre s'est développé le faciès Valanginien.

En réalité, nous avons affaire là à deux systèmes de couches bien différents : l'un, formant des dômes réguliers, a tous les caractères d'un dépôt en place, ce sont les dépôts à faciès helvétien proprement dit (H). Tandis que les autres représentent la nappe inférieure du grand pli couché (BG) tel qu'il a été défini immédiatement au pied nord de la grande chaîne par MM. Bertrand et Golliez. M. Gerber et nous-même avons suivi la base de ce pli dans la haute vallée du Kienthal, de telle sorte que sa continuité matérielle avec le massif du Morgenberghorn ne peut faire aucun doute ; mais en même temps on distingue à sa base soit des brèches de friction, soit des étirements de couches, soit même des lacunes, enfin l'ensemble des caractères que l'on rencontre habituellement à la base des masses charriées, de telle sorte que le grand pli supérieur non seulement

a été couché vers le Nord mais encore a été poussé, a été charrié dans la même direction. Cette manière de voir est bien conforme aux idées émises par M. Marcel Bertrand, elle a seulement pris une forme plus précise.

Tandis que les dépôts du Priabonien du système H avec leurs assises à *Lithothamnium* indiquent le voisinage du rivage nord de la fosse préalpine, formé par les calcaires crétacés, les dépôts du Wildflysch de la nappe charriée (système BG) avec leurs débris d'algues si nombreux correspondent à ce qu'on appelle des herbiers, c'est-à-dire indiquent également le voisinage d'un rivage, mais d'un rivage granitique, comme le montrent les nombreux débris granitiques que renferment les conglomérats intercalés ; c'était le rivage Sud auquel ont été également empruntés les blocs exotiques et les débris de roches pyroxéniques si abondants dans les grès de Taveyannaz.

Le charriage du grand pli couché BG a ainsi ramené le rivage Sud presqu'au contact du rivage Nord, et dès ce moment il devait exister sur l'axe de la chaîne soit des îlots, soit des bas fonds constitués par les roches cristallines.

Mais le système BG, ne vient pas toujours reposer directement sur le système en place ou système H ; sur un grand nombre de points on voit s'intercaler entr'eux un ensemble de couches d'une importance variable mais formées surtout de Trias et de Jurassique, c'est le système des Klippes (K) qui repose sur les couches en place H et est recouvert par la nappe BG.

Nous étions arrivés à ces conclusions dès notre premier travail de 1900 (1° 131), c'est-à-dire avant le grand mémoire de M. Lugeon; nous avons continué notre étude et cherché à en étendre le champ jusqu'à la molasse d'un côté, et de l'autre jusqu'à la Gemmi (n° 169). Nos conclusions sont restées les mêmes et nous avons retrouvé partout les trois mêmes systèmes de couches ; nous leur avions déjà rattaché la chaîne du Niesen comme tête de pli du système BG ; on voit donc que notre essai d'explication s'applique maintenant à une portion notable de la chaîne. Au nord du lac de Thun le système H comprend non seulement tout le massif du Hohgant, mais encore les Ralligstöcke et il est interrompu près de la plaine miocène par une bande étroite représentant une tête de pli du système BG avec intercalation d'un lambeau de Klippe K. Au même système H vient se rattacher le petit massif de Buchholzkozf, au sud du lac de Thun,

et plus loin le dôme écrasé et à demi effondré du Gérihorn qui se prolonge jusqu'à la Gemmi.

Le grand pli couché BG qui remonte au sud jusqu'aux cols de la Petite Scheideck, de la Sefinenfurgge et du Hohthürli, forme la chaîne Baehfluh, Dreispitz, Morgenberghorn et Harder, puis se prolonge par la chaîne du Niesen et forme probablement une partie importante des Préalpes, en s'étendant peut-être jusqu'à Gurnigelbad. Les grès de Taveyannaz font partie intégrante de ce système de couches et se rattachent directement aux poudingues et conglomérats du Wildflysch.

Enfin, le système des Klippes K représente des lambeaux refoulés et repoussés par la nappe BG, mais probablement disjoints et séparés les uns des autres; les principaux de ces lambeaux sont celui de Spiez-Krattigen, qui paraît occuper le fond de la vallée Kander-Engstligen et remonter jusqu'à Adelboden, et celui de la vallée de Kienthal, dont le prolongement va former les Hautes-Alpes calcaires.

Les blocs exotiques principalement de nature granitique, qui ont depuis longtemps attiré l'attention par suite de leurs dimensions souvent très considérables sont de même nature que les éléments des conglomérats du Wildflysch; ils ont donc la même origine, soit qu'ils aient fait partie de ces conglomérats, soit qu'ils aient été arrachés au rivage lui-même au moment du charriage.

La théorie que nous avons proposée dérive, comme celle de notre collègue et ami M. Lugeon, des idées primitivement émises par M. Marcel Bertrand, mais elle en diffère dans le détail; au lieu d'admettre une série de nappes simplement empilées les unes sur les autres, nous groupons ces nappes en un très petit nombre de systèmes, trois seulement, ayant joué des rôles tout à fait différents : un premier système H représente des couches plus ou moins plissées mais encore en place; un second BG, généralement complexe et formé de plusieurs plis superposés ou échelonnés, représente une grande nappe charriée du sud, enfin de grands lambeaux de couches (Klippes), formant quelquefois des nappes entières (Hochgebirgskalk), représentent les débris de plis marginaux écrasés et laminés entre les deux systèmes précédents.

L'unité de la chaîne des Alpes, la continuité dans les grands mouvements qui lui ont donné naissance, ne peuvent être contestées. Mais si les actions mécaniques ont été partout les mêmes, la résistance au contraire a beaucoup varié d'un point à l'autre : la nature des couches, leur

direction, la distribution des massifs résistants sont autant d'éléments qui ont introduit dans le détail une très grande diversité. Il faut tenir compte en outre de la saillie plus ou moins grande des plis et de l'importance variable des érosions. Toutes ces actions viennent masquer l'unité fondamentale de la chaîne; pour la mettre en évidence il faut classer les éléments tectoniques d'après les actions mêmes qui les ont produits et c'est ce que nous avons essayé de faire.

Il est facile de se rendre compte ainsi, par comparaison avec le mémoire de M. Lugeon, que le système H correspond à la nappe inférieure de Glaris qui serait ainsi en place, quoique plus ou moins affectée par les mouvements post-miocènes; la nappe supérieure correspondrait au système BG.

La comparaison avec le Dauphiné dont la structure a été si bien mise en évidence par M. Termier, conduit également à des résultats intéressants :

Il faut observer tout d'abord que les deux régions se présentent dans des conditions bien différentes : à Interlaken nous sommes au bord de la chaîne, les actions mécaniques sont moins énergiques, les dômes en place sont moins saillants et, par suite, moins érodés, moins arasés; presque partout ils possèdent encore leur couverture complète et leur revêtement de Flysch; à côté, dans la zone plissée, ce sont presque partout des têtes de plis que nous observons. Dans le Dauphiné, au contraire, ce sont les noyaux des dômes en place qui affleurent seuls ainsi que les racines des plis. Mais, en somme, au point de vue tectonique il y a correspondance entre nos dômes du système H et les massifs de Belledonne et du Pelvoux. Ce dernier lui-même est recouvert à l'est et en stratification normale, par le Flysch, comme l'indique M. Termier.

L'analogie entre notre système BG et la quatrième écaille de M. Termier est tout aussi marquée; nous retrouvons même à la base ces curieux conglomérats du Flysch que nous comparerons volontiers à ceux que nous rencontrons habituellement à la base de BG, et cette quatrième écaille présente également des plis superposés.

De ces rapprochements il résulte que le système du Briançonnais vient occuper exactement la place de notre système K et en particulier de la nappe qui forme les hautes chaînes calcaires. Dans cette hypothèse les plis d'inclinaisons inverses, des deux côtés de l'éventail, correspondraient en réalité à des systèmes différents, ceux de l'ouest appartiendraient

au système K et auraient été couchés vers l'ouest par le mouvement de la nappe BG, tandis que ceux de l'est appartiendraient au moins en partie à cette dernière nappe.

Quoi qu'il en soit de ces rapprochements encore prématurés, il n'en résulte pas moins que l'on entrevoit dès maintenant la possibilité d'expliquer la structure générale des Alpes par une hypothèse unique et des mouvements relativement simples, un premier mouvement de plissement général, s'accentuant peu à peu au sud de la chaîne et donnant naissance à un grand pli (BG) bientôt déversé vers le nord, puis charrié et entraînant sous lui, ou poussant devant lui, non seulement les débris de sa nappe inférieure, mais encore ceux des autres plis qui le bordaient au nord (nappe K).
